

**BACHELORARBEIT**

## **Zeitgefühl in der VR: Einfluss der Tageszeit auf subjektive Zeiteinschätzung**

---

Vorgelegt am 23. Februar 2026

von Khashayar Javan

Martikeldnummer: XXXXXXXXXX

Erstprüfer: Prof. Dr. Eike Langbehn

Zweitprüfer: Simon Dewert

---

**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE  
WISSENSCHAFTEN HAMBURG**

Department Medientechnik

Finkenau 35

20081 Hamburg

## **Zusammenfassung**

Virtual Reality findet zunehmend Anwendung in unterschiedlichen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereichen. Durch das hohe Maß an Immersion kann die Technologie Wahrnehmungsprozesse gezielt beeinflussen. Insbesondere die subjektive Zeitwahrnehmung kann sich innerhalb virtueller Umgebungen vom objektiven Zeitverlauf unterscheiden. Während zahlreiche Studien Faktoren wie Immersion, Interaktion oder Embodiment untersucht haben, wurde der Einfluss situativer Rahmenbedingungen, insbesondere der Tageszeit, bislang kaum berücksichtigt.

Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Bachelorarbeit die Forschungsfrage untersucht, welchen Einfluss die Tageszeit auf die Genauigkeit der subjektiven Zeiteinschätzung innerhalb einer Virtual-Reality-Umgebung hat. Hierzu wurde ein experimentelles Studiendesign mit 18 Teilnehmenden durchgeführt, die zu zwei unterschiedlichen Tageszeiten jeweils ein VR-Spiel absolvierten und im Anschluss die Dauer der Aufgabe eingeschätzten.

Die Ergebnisse zeigen nur geringe Unterschiede in der mittleren Abweichung zwischen geschätzter und tatsächlich gemessener Zeit. Eine deutliche Veränderung der Genauigkeit der Zeiteinschätzung zwischen den beiden Tageszeiten konnte nicht festgestellt werden. Trotz leichter Unterschiede im zweiten Durchgang ließ sich kein klarer Einfluss der Tageszeit nachweisen.

## **Abstract**

Virtual reality is increasingly being used in various social and economic sectors. Due to its high level of immersion, this technology can significantly influence perceptual processes. In particular, subjective time perception within virtual environments may deviate from objective time progression. While numerous studies have examined factors such as immersion, interaction and embodiment, situational influences, particularly time of day, have rarely been considered.

Against this background, the present Bachelor's thesis investigated the question of whether time of day affects the accuracy of subjective time estimation in a virtual reality environment. An experimental study was conducted with 18 participants who completed a VR task at two different times of day and subsequently estimated the duration of the task.

The results revealed only minor differences in the mean deviation between estimated and actual task duration. No substantial change in the accuracy of the time estimation between the two times of day was observed. Despite slight differences in the second session, no clear influence of time of day could be identified.

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Abbildungsverzeichnis</b>                                   | <b>5</b>  |
| <b>Tabellenverzeichnis</b>                                     | <b>7</b>  |
| <b>1. Einleitung</b>                                           | <b>8</b>  |
| 1.1 Motivation der Arbeit                                      | 8         |
| 1.2 Zielsetzung und Fragestellung                              | 9         |
| 1.3 Methodik und Aufbau der Arbeit                             | 9         |
| <b>2. Theoretische Grundlagen</b>                              | <b>11</b> |
| 2.1 Virtual Reality Grundlagen                                 | 11        |
| 2.1.1 Geschichte der Virtual Reality                           | 12        |
| 2.1.2 Formen der Fortbewegung und Navigation in VR             | 15        |
| 2.2 Abgrenzung verwandter Realitätskonzepte                    | 15        |
| 2.2.1 Augmented Reality                                        | 15        |
| 2.2.2 Mixed Reality                                            | 17        |
| 2.2.2.1 Begriff und Einordnung                                 | 17        |
| 2.2.2.2 Zentrale Merkmale und Funktionsweise                   | 17        |
| 2.2.2.3 Technische Grundlagen                                  | 17        |
| 2.2.2.4 Einsatzgebiete                                         | 18        |
| 2.2.2.5 Historische Einordnung                                 | 18        |
| <b>3. Forschungsstand</b>                                      | <b>19</b> |
| 3.1 Zeitwahrnehmung als kognitiver Prozess                     | 19        |
| 3.2 Virtuelle Realität als Kontext für zeitliche Verzerrungen  | 19        |
| 3.3 Immersion, Verkörperung und Präsenz                        | 20        |
| 3.4 Aufmerksamkeit, Interaktion und kognitive Beanspruchung    | 20        |
| 3.5 Umwelt- und Kontextfaktoren                                | 21        |
| 3.6 Multimodale und sensorische Einflüsse                      | 21        |
| 3.7 Weitere Forschungsbereiche in VR                           | 21        |
| 3.8 Methodische Gemeinsamkeit und Forschungslücke              | 22        |
| <b>4. Methodik</b>                                             | <b>23</b> |
| 4.1 Ableitung der eigenen Untersuchung aus dem Forschungsstand | 23        |
| 4.1.1 Ziel und Grundidee der Untersuchung                      | 23        |
| 4.1.2 Methodische Kontrolle und Vergleichbarkeit               | 23        |
| 4.1.3 Reihenfolge- und Zuweisungskontrolle                     | 24        |
| 4.2 Studiendesign und Versuchsaufbau                           | 24        |
| 4.2.1 Mitteilung und Instruktion der Teilnehmenden             | 24        |
| 4.2.2 Vorläufe und Familisierung                               | 25        |
| 4.2.3 Eingesetzte Hilfsmittel                                  | 25        |
| 4.2.3.1 Auditive Hinweistöne                                   | 25        |
| 4.2.3.2 Visuelle Hilfsmittel                                   | 26        |
| 4.3 Technische Umsetzung der VR-Anwendung                      | 27        |
| 4.3.1 VR-Entwicklungsumgebung                                  | 27        |

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.2 Technischer Versuchsaufbau                            | 28 |
| 4.3.2.1 Einrichtung der XR Origin                           | 28 |
| 4.3.2.2 Controller                                          | 28 |
| 4.3.2.3 Locomotion                                          | 29 |
| 4.3.2.4 Interaktionen                                       | 29 |
| 4.3.3 Konfiguration und Einstellungen                       | 29 |
| 4.3.3.1 Tracking Origin Mode (Floor)                        | 29 |
| 4.3.3.2 Bewegungsarten                                      | 30 |
| 4.3.3.3 Skripte zur Audiosteuerung                          | 30 |
| 4.3.4 Hardware                                              | 31 |
| 4.3.4.1 Hardware- und Softwareversionen                     | 31 |
| 4.3.4.2 Einordnung der Meta Quest 2 vs Meta Quest 3         | 32 |
| 4.4 Ablauf des Experiments                                  | 33 |
| 4.4.1 Vorbereitung                                          | 33 |
| 4.4.2 Untersuchungsort                                      | 35 |
| 4.4.3 Fragebögen                                            | 35 |
| 4.4.3.1 Erstellung und Durchführung der Fragebögen          | 35 |
| 4.4.3.2 Aufbau der Erhebungen (Vor- und Nachfragen)         | 36 |
| 4.4.3.3 Inhaltliche Struktur der Fragebögen                 | 36 |
| 4.4.3.4 Subjektives Aufgabenerleben                         | 36 |
| 4.4.3.5 Igroup Presence Questionnaire (IPQ)                 | 37 |
| 4.4.3.5.1 Einsatz des IPQ in der vorliegenden Untersuchung  | 37 |
| 4.4.3.5.2 Deskriptive Analyse der IPQ-Items                 | 37 |
| 4.4.3.6 Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)              | 38 |
| 4.4.3.6.1 Einsatz des SSQ in vorliegenden Untersuchung      | 38 |
| 4.4.3.6.2 Berechnung der SSQ-Subskalen und des Gesamtscores | 38 |
| 4.4.3.6.3 Deskriptive Auswertung des SSQ-Gesamtscores       | 39 |
| 4.4.3.7 Likert-Skala                                        | 39 |
| 4.4.3.8 Zusätzliche Frage                                   | 40 |
| 4.5 Beschreibung der VR-Spiele                              | 40 |
| 4.5.1 Schulsspiel                                           | 40 |
| 4.5.2 Weihnachtsspiel                                       | 42 |
| 4.5.3 Zeitmessung und Endbedingungen                        | 43 |
| 4.5.4 Individuelle Entwicklung der Spielgeschichten         | 44 |
| 4.5.5 Gestalterische Entscheidung                           | 44 |
| 4.5.6 Physische Bewegung                                    | 44 |
| 4.5.7 Die Templates                                         | 44 |
| 4.6 Fakten über aktuelle Zustand und Erfahrung              | 45 |
| 4.6.1 Zeitlicher Kontext (Weihnachtsferien)                 | 45 |
| 4.6.2 Stress und Zeitdruck                                  | 45 |
| 4.6.3 Aufmerksamkeit und Zeitwahrnehmung                    | 46 |

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.7 Datenauswertung                                         | 46        |
| 4.7.1 Erhebung der Rohdaten                                 | 46        |
| 4.7.2 Begründung der Abweichung als Maß der Zeitwahrnehmung | 46        |
| 4.7.3 Berechnung der Zeitabweichung                         | 46        |
| 4.7.4 Deskriptive Analyse der Zeiteinschätzung              | 47        |
| <b>5. Auswertung</b>                                        | <b>48</b> |
| 5.1 Ergebnisse der Vorfrage 1 und Vorfrage 2                | 48        |
| 5.1.1 Stichprobenbeschreibung                               | 48        |
| 5.1.2 Aktueller Zustand                                     | 49        |
| 5.2 Fragebögen nach den Durchgänge                          | 50        |
| 5.2.1 Subjektives Aufgabenerleben                           | 50        |
| 5.2.2 IPQ-Items                                             | 54        |
| 5.2.3 SSQ-Score                                             | 54        |
| 5.3 Zeiteinschätzung                                        | 56        |
| <b>6. Diskussion</b>                                        | <b>60</b> |
| 6.1 Interpretation der Ergebnisse                           | 60        |
| 6.1.1 Stichprobenbeschreibung                               | 60        |
| 6.1.2 Vorfragen: Aktueller Zustand                          | 60        |
| 6.1.3 Subjektives Aufgabenerleben                           | 61        |
| 6.1.3.1 Zusätzliche Vergleichsfrage                         | 62        |
| 6.1.4 IPQ                                                   | 62        |
| 6.1.5 Mittelwerte der SSQ-Gesamtscores pro Durchgang        | 63        |
| 6.1.6 Zeiteinschätzung                                      | 63        |
| 6.2 Implikation für die zukünftige Forschung                | 65        |
| <b>7. Schlussbetrachtung</b>                                | <b>66</b> |
| <b>8. Literaturverzeichnis</b>                              | <b>68</b> |
| 8.1 Quellenverzeichnis der Abbildungen                      | 80        |
| <b>Anhang</b>                                               | <b>82</b> |

# Abbildungsverzeichnis

|         |                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abb. 1  | View-Master von William Gruber (1939), ein stereoskopisches Betrachtungsgerät, das durch eingelegte Dias einen dreidimensionalen Seheindruck erzeugt und bis heute als Spielzeug verbreitet ist.                                                    | 12 |
| Abb. 2  | Morton Heiligs Sensorama (1962) als frühes multisensorisches System und Vorläufer der Virtuellen Realität.                                                                                                                                          | 13 |
| Abb. 3  | The Sword of Democles (1968) von Ivan Sutherland.                                                                                                                                                                                                   | 13 |
| Abb. 4  | Die VR-Arcade-Pods Virtuality der Virtuality Group (1991), eines der ersten massenproduzierten VR-Unterhaltungssystemen mit Head-Mounted Displays und immersiven 3D-Darstellungen für sitzende Spielerinnen und Spieler.                            | 14 |
| Abb. 5  | Darstellung eines digitalen Pokemon in der realen Umgebung im Augmented-Reality-Spiel Pokemon Go.                                                                                                                                                   | 16 |
| Abb. 6  | Das Reality–Virtuality-Kontinuum nach Milgram und Kishino (1994) stellt den Übergang von einer realen Umgebung über Augmented Reality bis hin zur einer vollständig virtuelle Umgebung als kontinuierliche Abstufung des Virtualisierungsgrads dar. | 18 |
| Abb. 7  | Leuchtende Pfeilmarkierungen im virtuellen Flur zur visuellen Wegführung der Teilnehmenden.                                                                                                                                                         | 27 |
| Abb. 8  | Implementierter C# Code in Unity zur zeitverzögerten Audioausgabe (Delayed Sound). Quelle: Eigene Darstellung.                                                                                                                                      | 30 |
| Abb. 9  | Meta Quest 2 mit den linken und rechten Touch-Controllern.                                                                                                                                                                                          | 31 |
| Abb. 10 | Unity-Bugs: Die virtuellen Controller wurden fälschlicherweise als eine Linie angezeigt.                                                                                                                                                            | 33 |
| Abb. 11 | Fehlerhafte, gespiegelt dargestellte Positionierung der virtuellen Controller vor der Kamera.                                                                                                                                                       | 34 |
| Abb. 12 | Gespiegelte Positionierung der Controller vor der Kamera, verursacht durch eine um 180° gedrehte Rotation der Unterordner in der Objekt-Hierarchie.                                                                                                 | 34 |
| Abb. 13 | Startszene des Schulspiels im Klassenzimmer aus der Perspektive der Spielfigur.                                                                                                                                                                     | 40 |
| Abb. 14 | Bibliothek mit Mülleimer als Abgabepunkt im Schulspiel.                                                                                                                                                                                             | 41 |

|         |                                                                                                                                                                              |    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abb. 15 | Rotes Buch und Laptop als zentrale Interaktionsobjekte im Schulspiel.                                                                                                        | 41 |
| Abb. 16 | Die Startszene des Weihnachtsspiels außerhalb des Hauses aus der Perspektive der Spielfigur.                                                                                 | 42 |
| Abb. 17 | Vier unterschiedlich farbige Geschenkboxen als zentrale Interaktionsobjekte im Weihnachtsspiel.                                                                              | 43 |
| Abb. 18 | Mittelwerte der sieben Vorfragen für Vorfrage 1 und Vorfrage 2. Die Antworten erfolgten auf einer fünfstufigen Likert-Skala (1 = trifft gar nicht zu, 5 = trifft völlig zu). | 49 |
| Abb. 19 | Subjektive Einschätzung der Aufgabendauer im Vergleich zur individuellen Erwartung für die beiden Durchgänge N1 und N2.                                                      | 50 |
| Abb. 20 | Subjektives Empfinden von Zeitdruck während der VR Nutzung für die Durchgänge N1 und N2.                                                                                     | 51 |
| Abb. 21 | Subjektive Einschätzung nachlassender Aufmerksamkeit in N1 und N2.                                                                                                           | 52 |
| Abb. 22 | Subjektive Einschätzung des Aufgehens in der Aufgabe (N1 vs. N2).                                                                                                            | 53 |
| Abb. 23 | Subjektive Einschätzung der relativen Aufgabendauer (zweites vs. erstes Spiel).                                                                                              | 53 |
| Abb. 24 | Mittelwert der gewichteten SSQ-Gesamtscores für den ersten (N1) und zweiten Durchgang (N2).                                                                                  | 56 |
| Abb. 25 | Mittlere Abweichung zwischen geschätzter und tatsächlicher Aufgabendauer (in Sekunden) für Durchgang 1 und Durchgang 2.                                                      | 59 |

# Tabellenverzeichnis

|           |                                                                                                         |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1 | Vergleich der technischen Spezifikation der Meta Quest 2 und Meta Quest 3.                              | 32 |
| Tabelle 2 | Zuordnung der IPQ-Items zu den Subskalen                                                                | 38 |
| Tabelle 3 | Deskriptive Statistik der Stichprobe hinsichtlich Alter, Geschlecht und VR-Vorerfahrung                 | 48 |
| Tabelle 4 | Vergleich der Mittelwerte der IPQ-Subskalen zwischen dem ersten und zweiten Durchgang.                  | 54 |
| Tabelle 5 | Individuelle SSQ-Scores für den ersten (N1) und zweiten Durchgang (N2).                                 | 54 |
| Tabelle 6 | Individuelle Zeiteinschätzung, tatsächliche Aufgabendauer und Abweichung (in Sekunden) für Durchgang 1. | 56 |
| Tabelle 7 | Individuelle Zeiteinschätzung, tatsächliche Aufgabendauer und Abweichung (in Sekunden) für Durchgang 2. | 58 |

# 1. Einleitung

Virtual Reality (VR) hat sich in den vergangenen Jahren von einer experimentellen Technologie zu einem festen Bestandteil moderner digitaler Anwendungen entwickelt. Mithilfe spezieller Hard- und Software ermöglicht VR das Eintauchen in computergenerierte, dreidimensionale Umgebungen, die von Nutzern nicht nur visuell, sondern häufig auch auditiv und interaktiv erlebt werden können. Durch den Einsatz von VR-Brillen entsteht ein hohes Maß an Immersion, womit das subjektive Gefühl bezeichnet wird, sich innerhalb der virtuellen Umgebung zu befinden und die reale Umwelt zeitweise in den Hintergrund treten zu lassen.

Ursprünglich vor allem im Bereich der Unterhaltungs- und Computerspiele verortet, findet VR heute Anwendung in zahlreichen weiteren Bereichen. Dazu zählen unter anderem medizinische Trainingssimulationen, Bildungs- und Schulungskonzepte sowie soziale und therapeutische Einsatzfelder. VR-Anwendungen werden beispielsweise genutzt, um Medizinstudierende auf realitätsnahe Notfallsituationen vorzubereiten, Kindern vor medizinischen Eingriffen Angst zu nehmen oder gesellschaftliche Themen wie Obdachlosigkeit aus einer neuen Perspektive erfahrbar zu machen. Auch im öffentlichen Raum kommt VR zunehmend zum Einsatz, etwa zur Bewertung von Sicherheit und Aufenthaltsqualität im Kontext der Verkehrs- und Stadtplanung.

Ein zentrales Merkmal virtueller Umgebungen ist ihre Fähigkeit, die Wahrnehmung und das Erleben der Nutzenden gezielt zu beeinflussen. In immersiven VR-Erfahrungen berichten Personen häufig von einer veränderten Wahrnehmung zentraler Erlebnisdimensionen wie Raum, Handlung und Zeit. Insbesondere das subjektive Zeitgefühl kann dabei vom objektiven Zeitverlauf abweichen, sodass die Zeit als schneller oder langsamer vergehend wahrgenommen wird, als sie tatsächlich vergeht.

Vor diesem Hintergrund ist bislang ungeklärt, ob und in welcher Weise situative Rahmenbedingungen, insbesondere die Tageszeit, die subjektive Zeitwahrnehmung innerhalb immersiver Virtual-Reality-Erfahrungen beeinflussen. An dieser Forschungslücke setzt die vorliegende Arbeit an.

## 1.1 Motivation der Arbeit

Die Zeitwahrnehmung des Menschen ist ein komplexer und subjektiver Vorgang, der von einer Reihe kognitiver und emotionaler Faktoren abhängt. Unter anderem sind dies Aufmerksamkeit, mentale Anspannung und emotionale Betroffenheit. Virtuelle Realitäten bündeln diese Faktoren in ganz

# 1 Einleitung

besonderem Maße, da sie ihre Nutzer tief ins Geschehen eintauchen lassen und zugleich von den Reizen der realen Außenwelt abschirmen.

Darüber hinaus unterliegt die menschliche Wahrnehmung im Tagesverlauf natürlichen Schwankungen. Der zirkadiane Rhythmus beeinflusst Wachheit, Konzentrationsfähigkeit und Denkvermögen und damit auch die Wahrnehmung der Dauer von Zeitintervallen. Während diese tageszeitlich bedingten Schwankungen im Alltag gut untersucht sind, sind sie im Hinblick auf VR-Anwendungen bislang kaum beachtet worden.

Genau hierin liegt die Motivierung dieser Arbeit. Insbesondere ist bislang ungeklärt, ob die reale Tageszeit einen messbaren Einfluss auf die subjektive Zeitmessung während der Nutzung von VR-Brillen ausübt oder ob diese Wirkung von der starken Immersion virtueller Umgebungen überlagert wird. Ein genaues Wissen um dieses Zusammenspiel ist für die Grundlagenforschung wie für viele Anwendungsfelder von Bedeutung.

## 1.2 Zielsetzung und Fragestellung

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, den Einfluss der Tageszeit auf die subjektive Zeiteinschätzung innerhalb von Virtual-Reality-Anwendungen zu untersuchen. Dabei soll analysiert werden, ob sich die wahrgenommene Dauer einer VR-Nutzung systematisch zwischen verschiedenen Tageszeiten unterscheidet.

Auf Grundlage dieser Zielsetzung wird folgende zentrale Forschungsfrage formuliert:

**Welchen Einfluss hat die Tageszeit auf die subjektive Zeitschätzung während der Nutzung von Virtual-Reality-Anwendungen?**

Ergänzend soll untersucht werden, ob die Art des VR-Spiels einen Einfluss auf die Zeitschätzung hat und ob Wechselwirkungen zwischen Tageszeit und Spieltyp bestehen.

## 1.3 Methodik und Aufbau der Arbeit

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird ein experimentelles Studiendesign gewählt. Jede Versuchsperson nimmt an zwei VR-Sitzungen zu unterschiedlichen Tageszeiten teil. In jeder Sitzung werden zwei unterschiedliche VR-Spiele genutzt, die sich hinsichtlich ihrer Aufgabenstruktur und ihres Interaktionsgrades unterscheiden. Jedes Spiel wird für eine objektiv festgelegte Dauer von fünf Minuten gespielt.

## 1 Einleitung

Im Anschluss an jede VR-Sitzung werden die Teilnehmenden gebeten, die wahrgenommene Dauer des Spiels in Minuten und Sekunden einzuschätzen. Die erhobenen subjektiven Zeitschätzungen werden anschließend miteinander verglichen, um mögliche Unterschiede in Abhängigkeit von Tageszeit und Spieltyp zu identifizieren.

Der Aufbau der Arbeit gliedert sich wie folgt:

Zunächst werden in einem theoretischen Kapitel zentrale Konzepte der Zeitwahrnehmung, der Virtual Reality sowie des zirkadianen Rhythmus erläutert. Darauf aufbauend wird die Methodik der empirischen Untersuchung dargestellt. Im darauffolgenden Teil werden die Ergebnisse der Studie präsentiert und statistisch ausgewertet, bevor die Arbeit mit der Diskussion der Befunde, der Aufzeigung von Limitationen sowie der Benennung möglicher Ansatzpunkte für zukünftige Forschung schließt.

# 2. Theoretische Grundlagen

## 2.1 Virtual Reality Grundlagen

Die Virtual Reality (VR) ist eine von Computern geschaffene digitale Umgebung, in die die Nutzer mit spezieller Hard- und Software eintauchen können. Ziel der Virtual Reality ist es, eine künstliche Wirklichkeit zu schaffen, die so realistisch wirkt, dass sie als Wirklichkeit empfunden wird und als solche eine neue Wirklichkeit darstellt. Im Unterschied zu anderen 3D-Technologien blendet VR die reale Umgebung völlig aus und ersetzt sie durch eine virtuelle Welt. Der Begriff Visuell kommt aus Frankreich und bedeutet "scheinbar".

Das Erlebnis dieser virtuellen Realität geschieht in der Regel durch VR-Brillen bzw. VR-Headsets mit hochauflösenden Displays, die für jedes Auge leicht unterschiedliche Bilder zeigen und so einen räumlichen Eindruck erzeugen. Oft wird die visuelle Darstellung noch durch räumlichen Klang ergänzt, wodurch das Gefühl des Eintauchens noch verstärkt wird.

Ein zentrales Merkmal von Virtual-Reality-Anwendungen ist die sogenannte Immersion, wodurch man das Gefühl hat, sich tatsächlich im virtuellen Raum zu befinden. Ziel ist es, Nutzern das aktive Erkunden der virtuellen Welt, die Fortbewegung innerhalb dieser sowie den Umgang mit virtuellen Objekten und anderen Personen zu ermöglichen.

Die Interaktion innerhalb der virtuellen Realität erfolgt meist über spezielle Eingabegeräte wie Controller, die Bewegungen der Hände oder des Körpers erfassen. In vielen Anwendungen werden die Nutzer durch Avatare repräsentiert, wodurch auch soziale Interaktionen wie Gespräche, Gesten oder gemeinsames Arbeiten in virtuellen Räumen möglich sind.

Die gegenwärtige Virtual-Reality-Technologie beruht auf mehreren technischen Komponenten. Zu den VR-Headsets kommen leistungsfähige Prozessoren und Grafikkarten sowie speziell entwickelte Software hinzu, die virtuelle Räume in Echtzeit berechnen. Eine ausreichend hohe Bildrate ist nötig, da zu niedrige Bildwiederholraten Unwohlsein und sogenannte VR-Krankheit hervorrufen können.

VR-Krankheit entsteht bei der Nutzung der VR Brillen. Typische Anzeichen davon sind Übelkeit, Schwindelgefühl und Kopfschmerzen. Besonders anfällig für diese Krankheit sind Kinder, die Personen, die zum ersten Mal eine VR-Brille tragen oder Menschen mit sensiblen Gleichgewichtsorganen. Um diese Krankheit zu verhindern, kann die angenehme Musik und das Raumklima hilfreich sein. Bei der AR-Anwendung leiden weniger Personen darunter als bei VR, weil man dabei immer noch in der realen Welt bleibt.

## 2 Theoretische Grundlagen

Virtual Reality findet mittlerweile Anwendung in vielen Einsatzgebieten. Neben der Unterhaltungsindustrie, insbesondere im Gaming-Bereich, wird VR in der Industrie, der Medizin, der Therapie, der Aus- und Weiterbildung sowie in der Architektur angewendet. Dort ermöglicht VR realitätsnahe Simulationen, gefahrloses Training und die anschauliche Darstellung komplexer Szenarien. Auch im Marketing und im Immobilienbereich gewinnt VR an Bedeutung, da virtuelle Rundgänge und Produktvisualisierungen neue Formen der Kundenansprache erlauben.

### 2.1.1 Geschichte der Virtual Reality

Die historischen Ursprünge der Virtual Reality reichen bis in das frühe 20. Jahrhundert zurück. Der View-Master gilt als einer der ersten Vorläufer heutiger Virtual-Reality-Systems, der 1939 entwickelt wurde (siehe Abbildung 1). Durch die gleichzeitige Betrachtung zweier leicht versetzter Bilder entstand ein räumlicher Eindruck, der als grundlegendes Prinzip moderner VR-Technologien angesehen werden kann. Die theoretische Grundlage dieser Technik wurde bereits im 19. Jahrhundert mit der Entwicklung des Stereokopes gelegt.

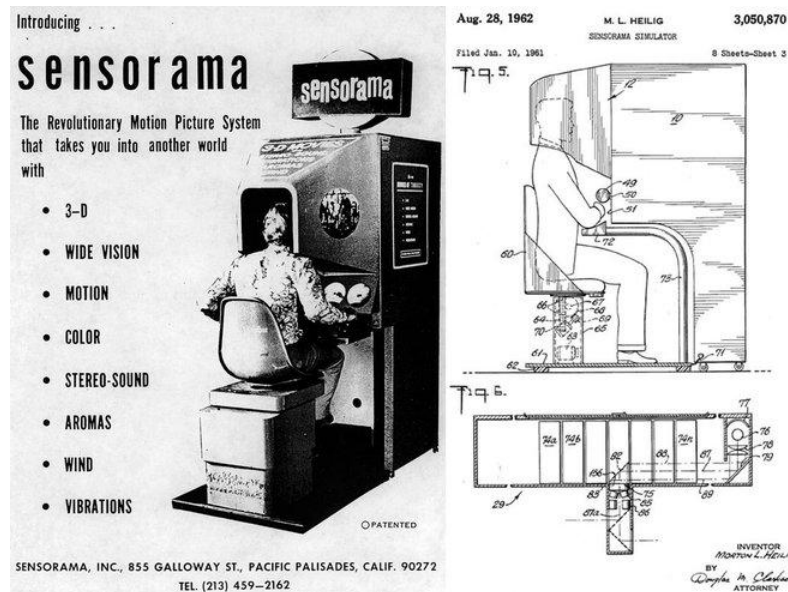
In den 1950er-Jahren wurde das Konzept der immersiven Medien durch den Filmemacher Morton Heilig weiterentwickelt. Mit dem sogenannten Sensorama entstand eines der ersten Systeme, das ein multisensorisches Erlebnis ermöglichte. Neben stereoskopischen Bildern wurden auch Ton, Vibrationen sowie Umweltreize wie Wind oder Gerüche integriert.



**Abbildung 1:** View-Master von William Gruber (1939), ein stereoskopisches Betrachtungsgerät, das durch eingelegte Dias einen dreidimensionalen Seheindruck erzeugt und bis heute als Spielzeug verbreitet ist. Quelle: t3n (2025).

## 2 Theoretische Grundlagen

Ziel war es, die Wahrnehmung der Nutzerinnen und Nutzer möglichst vollständig in eine künstliche Umgebung zu verlagern. Aufbauend auf diesen Entwicklungen präsentierte Heilig in den 1960er-Jahren mit der Telesphere Mask eines der ersten Head-Mounted Displays, das als direkter Vorläufer moderner VR-Brillen gilt (siehe Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Morton Heiligs Sensorama (1962) als frühes multisensorisches System und Vorläufer der Virtuellen Realität. Quelle: t3n (2025).

Einen entscheidenden technologischen Fortschritt erzielte Ivan Sutherland Mitte der 1960er-Jahre mit dem System "The Sword of Damocles" (siehe. Abbildung 3).



**Abbildung 3:** The Sword of Damocles (1968) von Ivan Sutherland. Quelle: Zimmermann (2019).

## 2 Theoretische Grundlagen

The Sword of Democles kombinierte erstmals eine visuelle Darstellung mit einer Head-Tracking-Technologie, sodass Kopfbewegungen der Nutzerinnen und Nutzer in Echtzeit in die Darstellung der virtuellen Umgebung übertragen wurden. Dieses Prinzip bildet bis heute eine zentrale Grundlage für Virtual- Reality-Anwendungen.

In den 1990er Jahren wurde Virtual Reality verstärkt kommerziell erprobt (siehe Abbildung 4). Unternehmen aus der Spiele- und Unterhaltungsindustrie, darunter Nintendo und Sega, versuchten VR-Technologien für den Massenmarkt zu etablieren. Ein bekanntes Beispiel ist der Nintendo Virtual Boy, der 1995 veröffentlicht wurde.

Trotz innovativer Ansätze scheiterten diese frühen Systeme häufig an technischen Einschränkungen, unzureichendem Nutzerkomfort und gesundheitlichen Problemen wie Schwindel oder Übelkeit. Parallel dazu entstanden mit Technologien wie QuickTime VR erste interaktive 360-Grad-Darstellungen, die ohne spezielle VR-Hardware auf PCs genutzt werden konnten.



**Abbildung 4:** Die VR-Arcade-Pods Virtuality der Virtuality Group (1991), eines der ersten massenproduzierten VR-Unterhaltungssystemen mit Head-Mounted Displays und immersiven 3D-Darstellungen für sitzende Spielerinnen und Spieler. Quelle: t3n (2025).

Der nachhaltige Durchbruch der Virtual Reality erfolgte erst ab den 2010er-Jahren. Fortschritte in der Prozessorleistung, der Displaytechnik und der Softwareentwicklung ermöglichten leistungsfähige und vergleichsweise erschwingliche VR-Systeme. Mit der Einführung moderner Headsets wie der Oculus Rift wurde Virtual Reality einem breiten Publikum zugänglich gemacht und erlangte zunehmende Bedeutung

## 2 Theoretische Grundlagen

über den Unterhaltungsbereich hinaus. Seitdem hat sich VR kontinuierlich weiterentwickelt und wird heute in zahlreichen Anwendungsfeldern wie Bildung, Medizin, Industrie und Architektur eingesetzt.

### 2.1.2 Formen der Fortbewegung und Navigation in VR

Unter Locomotion versteht man in Virtual-Reality-Anwendungen sämtliche Methoden, mit denen sich die Nutzer innerhalb einer virtuellen Umgebung fortbewegen können. Je nach technischer Umsetzung und Anwendungsziel existieren unterschiedliche Formen der Fortbewegung.

Eine häufig genutzte Methode ist die Teleportation, bei der Nutzer mithilfe eines Controllers einen Zielpunkt auswählen und unmittelbar dorthin versetzt werden. Diese Methode ermöglicht eine komfortable Überbrückung größerer Distanzen bei geringer körperlicher Belastung. Allerdings wird die Bewegung häufig als weniger natürlich wahrgenommen, da keine kontinuierliche Fortbewegung erfolgt.

Demgegenüber steht die Smooth Locomotion, bei der die Bewegung kontinuierlich über einen Joystick oder ein Touchpad gesteuert wird. Die Blickrichtung oder die Orientierung des Controllers bestimmt dabei die Bewegungsrichtung. Diese Form der Fortbewegung wirkt flüssiger und realistischer, kann jedoch das Risiko für Motion Sickness (z. B. Übelkeit oder Schwindel) erhöhen.

Bei der Room-Scale-Locomotion entspricht die reale Bewegung der realen Bewegung der Nutzer direkt der Bewegung in der virtuellen Umgebung. Diese Methode ermöglicht ein besonders immersives Erlebnis, erfordert jedoch ausreichend physischen Raum.

Ein weitere Variante ist die Gesture- oder Arm-Swinging-Locomotion, bei der Bewegungen durch Gesten ausgelöst werden. Teilweise wird dabei das Gehen simuliert, ohne dass eine tatsächliche Fortbewegung im Raum stattfindet. Diese Methode eignet sich besonders für kleinere Räume, kann jedoch als körperlich anstrengend empfunden werden.

Schließlich existiert die fahrzeuggesteuerte Locomotion, bei der die Fortbewegung innerhalb der virtuellen Umgebung durch die Simulation von Fahrzeugen wie Autos oder Aufzügen erfolgt. Diese Methode erlaubt die Darstellung großer virtueller Räume auf begrenztem realen Raum, erfordert jedoch häufig zusätzliche Hardware.

## 2.2 Abgrenzung verwandter Realitätskonzepte

### 2.2.1 Augmented Reality

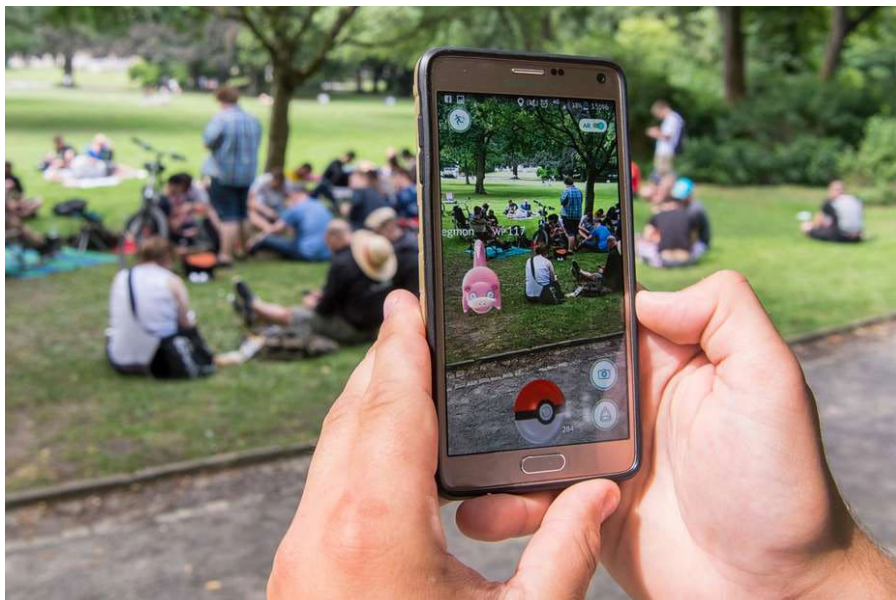
Augmented Reality, kurz AR genannt, ist eine Technologie, die unserer wahrgenommenen Welt in Echtzeit digitale Inhalte hinzufügt. Die virtuellen Elemente überlagern die reale Umwelt und scheinen für die Nutzerinnen und Nutzer an die reale Welt gebunden.

## 2 Theoretische Grundlagen

Während sich bei der Virtual Reality (VR) alles nur um das Abtauchen in die digitale Welt dreht, wird bei der Augmented Reality (AR) die reale Welt durch digitale Inhalte erweitert, die den Nutzerinnen und Nutzern über technische Endgeräte wie Smartphones oder AR-Brillen zugänglich gemacht werden.

Zu den eindrucksvollen und bekanntesten Anwendungen der AR-Technologie gehört das Videospiel Pokemon Go (siehe Abbildung 5). Ziel des Spiels ist es, durch die Kamera des Smartphones hindurch Figuren des Pokemon-Universums in der realen Umgebung aufzusuchen, sie einzufangen und durch die Kamera ins Bild springen zu lassen, so dass sie wie ein Teil der gefilmten Realität erscheinen. Pokémon Go gilt als Wegbereiter der AR-Technologie, denn es hat maßgeblich dazu beigetragen, die Öffentlichkeit im Jahre 2017 für das Thema Augmented Reality zu sensibilisieren (Moorstedt 2017, o.S.).

Technisch basiert Augmented Reality auf der Echtzeit-Erfassung und -Verarbeitung von Umgebungsdaten. Mithilfe von Kameras, Sensoren und Tracking-Verfahren werden Position, Orientierung und Bewegungen erfasst, sodass digitale Inhalte korrekt im Raum platziert werden können. Die Nutzung von AR ist auf unterschiedlichen Endgeräten möglich, darunter Smartphones, Tablets, Head-up-Displays sowie spezielle AR-Brillen. Besonders mobile Endgeräte haben zur breiten Verbreitung von AR-Anwendungen beigetragen, da sie ohne zusätzliche Hardware auskommen.



**Abbildung 5:** Darstellung eines digitalen Pokemon in der realen Umgebung im Augmented-Reality-Spiel Pokemon Go. Quelle: (Heinrich, 2016)

Augmented Reality findet Anwendung in zahlreichen Bereichen. In der Industrie und Wartung unterstützt AR bei komplexen Arbeitsprozessen durch visuelle Anleitungen und Zusatzinformationen. In Bildung,

## 2 Theoretische Grundlagen

Medizin und Architektur ermöglicht AR anschauliche Visualisierungen, während sie im Marketing und Handel interaktive Produktdarstellungen und virtuelle Anproben bietet. Aufgrund der vergleichsweise geringen technischen Einstiegshürden gilt Augmented Reality als alltagstaugliche Technologie mit hohem Anwendungspotenzial.

### 2.2.2 Mixed Reality

#### 2.2.2.1 Begriff und Einordnung

Mixed Reality (MR) bezeichnet eine Technologie, die physische und digitale Inhalte miteinander verbindet und damit eine Erweiterung realer Umgebungen durch virtuelle Elemente ermöglicht. Sie umfasst das gesamte Spektrum zwischen Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) und verbindet beide Ansätze in einer gemeinsamen Erfahrungswelt.

Während Virtual Reality eine vollständig computergenerierte Umgebung darstellt und Augmented Reality digitale Inhalte in die reale Welt einblendet, ermöglicht Mixed Reality eine wechselseitige Interaktion zwischen realen und virtuellen Objekten. Digitale Inhalte sind dabei räumlich in die physische Umgebung eingebettet und reagieren auf reale Oberflächen, Objekte und Bewegungen.

#### 2.2.2.2 Zentrale Merkmale und Funktionsweise

Ein wesentliches Merkmal der Mixed Reality ist das Verständnis der Umgebung. MR-Systeme erfassen kontinuierlich die Form, Tiefe und Position der realen Umgebung sowie die Bewegungen der Nutzerinnen und Nutzer. Auf dieser Grundlage können virtuelle Objekte realitätsnah im Raum platziert werden und physikalisch plausibel mit der Umgebung interagieren, etwa indem sie auf realen Oberflächen stehen oder durch reale Bewegungen beeinflusst werden.

Die Interaktion erfolgt über natürliche Eingabemethoden wie Hand- und Kopfbewegungen, Gesten, Sprache oder Blickrichtung. Dadurch entstehen intuitive Erfahrungen, bei denen die Nutzer den Raum bewusst wahrnehmen und digitale Inhalte als Teil davon erleben.

#### 2.2.2.3 Technische Grundlagen

Mixed-Reality-Systeme stellen hohe Anforderungen an die technische Ausstattung. Neben Headsets mit Kameras oder transparenten Displays sind leistungsfähige Prozessoren, Sensoren und Software erforderlich, die Positionsdaten, Umgebungsinformationen und Benutzereingaben in Echtzeit verarbeiten.

## 2 Theoretische Grundlagen

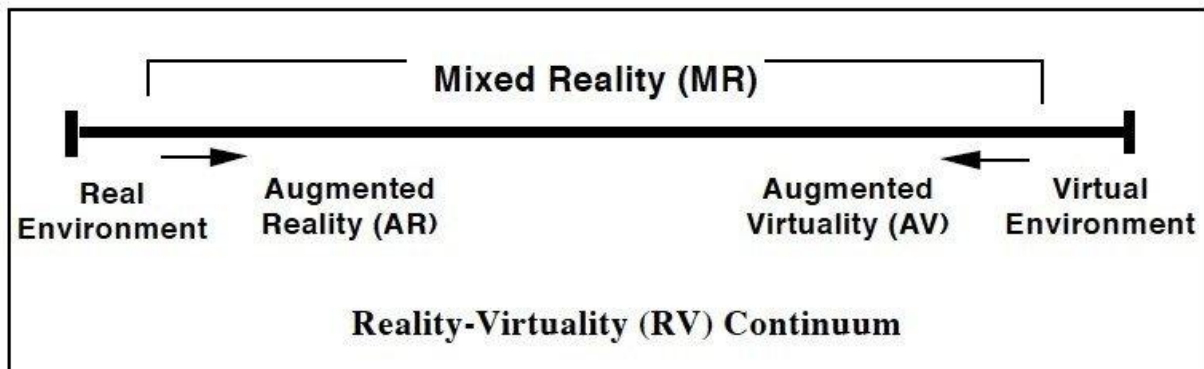
Im Vergleich zu VR und AR erfordert MR daher einen besonders hohen Rechenaufwand, da sowohl reale als auch virtuelle Elemente kontinuierlich analysiert und miteinander verknüpft werden müssen.

### 2.2.2.4 Einsatzgebiete

Mixed Reality findet Anwendung in unterschiedlichen Bereichen. Neben Unterhaltung und Gaming wird MR zunehmend in Bildung, Training, Produktivität und kreativen Arbeitsprozessen eingesetzt. Virtuelle Inhalte können dabei gemeinsam im Raum betrachtet, bearbeitet oder erlebt werden. Darüber hinaus eröffnet MR neue Möglichkeiten für kollaboratives Arbeiten, etwa durch virtuelle Arbeitsumgebungen oder interaktive 3D-Visualisierungen in realen Räumen.

### 2.2.2.5 Historische Einordnung

Der Begriff Mixed Reality wurde 1994 von Paul Milgram und Fumio Kishino im Zusammenhang mit dem Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum eingeführt (siehe Abbildung 1). Seitdem hat sich die Technologie kontinuierlich weiterentwickelt und ist mit dem Fortschritt in Sensorik, Rechenleistung und Herstellungstechnologien zunehmend praxisrelevant geworden. Heute gilt Mixed Reality als eigenständiger Ansatz, der reale und digitale Welten in Echtzeit miteinander verbindet.



**Abbildung 6:** Das Reality–Virtuality-Kontinuum nach Milgram und Kishino (1994) stellt den Übergang von einer realen Umgebung über Augmented Reality bis hin zur einer vollständig virtuelle Umgebung als kontinuierliche Abstufung des Virtualisierungsgrads dar. Quelle: Piumsomboon (2017).

### 3.Forschungsstand

#### 3.1 Zeitwahrnehmung als kognitiver Prozess

Die Wahrnehmung von Zeit gilt in der psychologischen Forschung nicht als objektive Abbildung physikalischer Dauer, sondern als subjektiver, kognitiv beeinflusster Prozess (Kübel & Wittmann, 2020). Die Einschätzung von Zeitintervallen hängt dabei unter anderem von Aufmerksamkeit, emotionalem Zustand und kognitiver Beanspruchung ab (Kübel & Wittmann, 2020).

Es wird unterschieden zwischen der direkten Zeiteinschätzung und dem subjektiven Erleben des Zeitverlaufs (Kübel & Wittmann, 2020). Explizite Zeitangaben sind dabei oft ziemlich konstant, während das Gefühl, wie schnell oder langsam die Zeit vergeht, stark davon abhängt, wie die Aufmerksamkeit verteilt ist.

Im Kontext der virtuellen Umgebung ist gut belegt, dass der intensive Fokus auf Aufgaben häufig mit einer Unterschätzung der abgelaufenen Zeit einhergeht (Picard & Botev, 2022; Niknam et al., 2024).

Richtet man die Aufmerksamkeit hingegen bewusst auf den Zeitablauf, kommt es meist zu einer systematischen Veränderung des subjektiven Zeitempfindens (Büche 2016; Witt, 2019).

#### 3.2 Virtuelle Realität als Kontext für zeitliche Verzerrungen

In der virtuellen Realität werden externe Anhaltspunkte für die Zeit wie Uhren, Geräusche oder Veränderungen in der realen Umgebung größtenteils ausgeblendet. Deshalb wird die Wahrnehmung der Zeit viel stärker von internen kognitiven Prozessen bestimmt (Unruh et al., 2023; Micillo et al., 2023).

Eine experimentelle Untersuchung fand heraus, dass die Teilnehmenden in der VR-Bedingung im Vergleich zur klassischen Monitorbedingung signifikant mehr reale Zeit verstreichen ließen, bevor sie ein fünfminütiges Intervall als beendet einschätzten (Mullen & Davidenko, 2021). Dies weist auf eine verkürzte Wahrnehmung der Zeit unter VR-Bedienung hin.

Auch Niknam et al. (2024) konnten zeigen, dass aktive Interaktion in VR zu einer stärkeren Unterschätzung der verstrichenen Zeit führt als passive Nutzung.

## 3 Forschungsstand

### 3.3 Immersion, Verkörperung und Präsenz

Ein zentraler Faktor, der die Zeitwahrnehmung in VR stark beeinflusst, ist der Grad der Immersion sowie die wahrgenommene virtuelle Verkörperung (Embodiment) (Unruh et al., 2023; Niknam et al., 2024).

Unruh et al. (2023) untersuchten den Zusammenhang zwischen dem Grad der virtuellen Verkörperung und der Zeitwahrnehmung. Es stellte sich heraus, dass ein stärkeres Gefühl der Verkörperung (Embodiment) häufig mit einem subjektiv beschleunigten Zeitempfinden einhergeht, während explizite Einschätzungen der Zeitdauer davon beeinflusst bleiben können.

Hingegen berichten Niknam et al. (2024), dass aktive, verkörperte Interaktion nicht nur das subjektive Zeitempfinden, sondern auch explizite Zeiteinschätzungen beeinflussen kann.

Ein stark wahrgenommene Präsenz wird mit einer intensiveren Bindung an die Aufgabe in Verbindung gebracht (Heidicker et al., 2017). Dieser Zusammenhang ist für die Zeitwahrnehmung insofern bedeutsam, da ein starkes Aufgehen in der Aufgabe das subjektive Erleben der Zeitdauer beeinflussen kann (Unruh et al., 2023).

### 3.4 Aufmerksamkeit, Interaktion und kognitive Beanspruchung

Eine Studie belegt, dass Aufmerksamkeit eine zentrale Rolle bei der Zeitwahrnehmung spielt (Kübel & Wittmann, 2020) und durch eine starke Konzentration auf die Aufgabe kann die bewusste Wahrnehmung des Zeitverlaufs reduziert werden. (Unruh et al., 2023).

Picard und Botev (2022) untersuchten den Einfluss rhythmischer akustischer und visueller Reize auf das Zeitempfinden. Insbesondere kombinierte audiovisuelle Reize sowie hohe Tempi führten zu einem subjektiv beschleunigten Zeitfluss.

Niknam et al. (2024) differenzierten zwischen aktiver und passiver Interaktion in VR und fanden, dass die Teilnehmenden unter aktiver Interaktion die Zeitdauer stärker unterschätzen als unter passiver Nutzung.

Auch beim Vergleich einer identischen Labyrinthaufgabe in einer immersiven VR-Bedienung und einer klassischen Monitor ließen die Teilnehmenden signifikant mehr reale Zeit verstreichen, bevor sie ein fünfminütiges Intervall als beendet einschätzen (Mullen & Davidenko, 2021). Dieses Ergebnis weist auf einen systematischen Unterschied in der Zeitwahrnehmung zwischen VR- und Motorbedienung.

## 3 Forschungsstand

### 3.5 Umwelt- und Kontextfaktoren

In einer Studie wurde innerhalb derselben VR-Anwendung eine naturnahe und urban gestaltete Umgebung miteinander verglichen, um dabei deren Einfluss auf Wohlbefinden und Zeitwahrnehmung zu untersuchen (Micillo et al., 2023).

Obremski et al. (2025) stellten in ihrer Studie zur subjektiven Wahrnehmung von Wartezeit in VR fest, dass kommunikative Strategien wie verbale Füller die subjektiv empfundene Dauer verkürzen können, obwohl die objektive Zeitspanne identisch bleibt.

Kombinierte visuelle, auditive oder taktile Hinweisreize können die zeitliche Orientierung verbessern, ohne dabei die kognitive Belastung zu erhöhen (Witt, 2019).

### 3.6 Multimodale und sensorische Einflüsse

Beim Vergleich von VR- und AR-Bedienung stellte sich fest, dass die Abweichungen zwischen visuellen und haptischen Reizen insbesondere in der AR-Umgebung die subjektive Wahrnehmung verändern können (Normand et al., 2024).

Ebenso beeinflusst aktives Handeln die Genauigkeit der Wahrnehmung, wie die Untersuchung zum Umgang mit virtuellen Bällen und dabei auftretenden physikalischen Abweichungen zeigt (Multon et al., 2025).

### 3.7 Weitere Forschungsbereiche in VR

Neben der zeitbezogenen Fragestellung befassen sich weitere Arbeiten mit sozialen, haptischen und anwendungsbezogenen Aspekten virtueller Realität.

Das Themenspektrum reicht von der öffentlichen Wahrnehmung psychologischer Effekt von VR und AR (Kosch et al., 2025), über haptischen Muster und sozialer Distanz (Jang & Lee, 2025) bis hin zu sozial interaktiven virtuellen Umgebung (Lim et al., 2024). Darüber hinaus werden medizinische VR-Lernumgebung (Angelini, 2020) sowie Konzepte im Immobilienmarketing (Kunzmann, 2019) untersucht.

Weitere Studien analysieren Bewegungsverhalten unter VR-Bedingungen (Kreisig, 2024; Langbehn et al., 2018) sowie visuelle Qualität und Wahrnehmung räumlicher Dimensionen (Langbehn et al., 2016a; Langbehn et al., 2016b)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Da Langbehn et al. haben im Jahr 2016 zwei einschlägige Publikationen veröffentlicht. Diese werden gemäß APA-Richtlinien mit "2016a" und "2016b" gekennzeichnet. Die Zuordnung erfolgt alphabetisch nach dem Titel.

### 3 Forschungsstand

Diese wissenschaftlichen Arbeiten verdeutlichen die thematische Breite der VR-Forschung, berücksichtigen jedoch ebenfalls keine systematische Kontrolle der Tageszeit als situativen Einflussfaktor.

#### 3.8 Methodische Gemeinsamkeit und Forschungslücke

Zusammenfassend belegen die betrachteten Studien mehrere methodische Gemeinsamkeiten:

Die meisten Untersuchungen verwenden experimentelle Designs mit überwiegend studentischen Stichproben und erheben primär subjektive Selbstauskünfte (Unruh et al., 2023; Niknam et al., 2024; Mullen & Davidenko, 2021).

Von den analysierten wissenschaftlichen Arbeiten berichteten lediglich Unruh et al. (2023) sowie Niknam et al. (2024) über die VR-Vorerfahrung der Teilnehmenden. In den übrigen herangezogenen Studien wird dieser Faktor nicht explizit thematisiert. Somit bleibt offen, inwiefern Vorerfahrungen mit VR-Systemen die jeweiligen Ergebnisse beeinflusst haben könnten.

Bemerkenswert ist, dass in keiner der betrachteten Untersuchungen die situativen Einflussfaktoren, besonders die Uhrzeit der Datenerfassung explizit dokumentiert oder berücksichtigt wurde.

Innerhalb der VR-Forschung wurden bereits Variablen wie Embodiment, Interaktion, Umweltgestaltung und sensorische Reize untersucht (z. B. Unruh et al., 2023; Niknam et al., 2024; Micillo et al., 2023; Normand et al., 2024). Faktoren wie Tageszeit, mentale Ermüdung oder kognitive Vorbelastung wurden in den untersuchten Arbeiten nicht berücksichtigt, obwohl Erkenntnisse aus der Chronotyp- und Circadianforschung darauf hinweisen, dass sie Aufmerksamkeit, Wachheit und kognitive Leistungsfähigkeit tageszeitabhängigen Schwankungen unterliegen (Wiłkość-Dębczyńska und Liberacka-Dwojak, 2023).

An diese Forschungslücke setzt die vorliegende Arbeit an, indem sie untersucht, ob sich die Genauigkeit subjektiver Zeiteinschätzung in VR in Abhängigkeit von der Tageszeit systematisch unterscheidet.

# 4. Methodik

## 4.1 Ableitung der eigenen Untersuchung aus dem Forschungsstand

### 4.1.1 Ziel und Grundidee der Untersuchung

Die Datenerhebung erfolgte in zwei separaten Durchgängen zu unterschiedlichen Tageszeiten, wobei zwischen den Sitzungen ein zeitlicher Abstand von mehreren Stunden lag. Ziel dieses Vorgehens war es, den Einfluss der kumulativen kognitiven Beanspruchung eines regulären Studientages auf die Präzision der subjektiven Zeiteinschätzung zu analysieren.

Es wurde angenommen, dass die mentale Erschöpfung nach Vorlesungen, Lehrveranstaltungen oder längeren Lernphasen in der Bibliothek anstieg und dadurch die Aufmerksamkeit sowie die Genauigkeit der Zeiteinschätzung beeinflusst werden könnten.

Durch die Durchführung von zwei Durchgängen bestand die Möglichkeit, den Einfluss situativer und zeitlicher Bedingungen auf die Zeiteinschätzung zu untersuchen.

### 4.1.2 Methodische Kontrolle und Vergleichbarkeit

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurden zwei differenzierte Spielvarianten entwickelt, die hinsichtlich ihrer Dauer, Spieldauer, Aufgabenstruktur sowie der kognitiven Anforderungen an Aufmerksamkeit und Orientierung äquivalent gestaltet sind. Um einen vorzeitigen Abbruch zu verhindern, verfügten die Anwendungen über kein konventionelles Ende (z. B. „Game Over“), sondern erstreckten sich über das gesamte vordefinierte Zeitintervall. Die Verwendung zweier unterschiedlicher Spiele diente dazu, Wiederholungs- und Gewöhnungseffekt zu minimieren. Trotz unterschiedlicher Spielinhalte wurde auf eine vergleichbare Aufgabenstruktur geachtet, um ähnliche kognitive Anforderungen in beiden Durchgängen zu gewährleisten.

Dieses Vorgehen war methodisch notwendig, um potenzielle Lern- und Wiederholungseffekte zu kontrollieren. Die wiederholte Nutzung desselben Spiels hätte die Ergebnisse verzerrt. Die Teilnehmenden hätten sich räumliche Gegebenheiten sowie Objektpositionen eingeprägt. Durch die Verwendung zweier inhaltlich unterschiedlicher, jedoch strukturell vergleichbarer Spielvarianten konnte sichergestellt werden, dass die Orientierungs- und Suchprozesse in beiden Durchläufen unter neuartigen Bedingungen stattfanden.

### 4.1.3 Reihenfolge- und Zuweisungskontrolle

Um Verzerrung durch die Abfolge der Aufgabe auszuschließen, wurde die Reihenfolge der Spiele randomisiert. Durch die Randomisierung der Reihenfolge wurde sichergestellt, dass potenzielle Ermüdungs- oder Lerneffekte gleichmäßig verteilt wurden und die Gesamtergebnisse nicht systematisch beeinflussen.

Die Teilnehmenden wurden in zwei Gruppen eingeteilt, die sich lediglich in der Sequenz der Spielfolge unterscheiden. Gruppe W absolvierte zuerst das Weihnachtsspiel und im zweiten Durchgang das Schulspiel. Bei Gruppe S erfolgte die Abfolge in umgekehrter Reihenfolge, beginnend mit dem Schulspiel.

Zur anonymisierten Zuordnung der Daten erhielt jede teilnehmende Person eine individuelle Identifikationsnummer (ID).

Die IDs setzen sich aus dem Anfangsbuchstabe der jeweiligen Startbedingung ("S" für das Schulspiel, "W" für das Weihnachtsspiel) und einer fortlaufenden Nummerierung (z.B. S1, S2 bzw. W1, W2).

## 4.2 Studiendesign und Versuchsaufbau

### 4.2.1 Mitteilung und Instruktion der Teilnehmenden

Es ist methodisch notwendig gewesen, die Teilnehmer vor Beginn der Untersuchung darüber zu informieren, dass sie im Anschluss an jeden Durchgang die Zeit einschätzen müssen. Dies ist aus folgende Gründen erforderlich:

1. Teilnehmer müssen grundsätzlich informiert werden, welche Art von Aufgaben auf sie zukommt. Denn ohne die gegebenen Informationen können die Teilnehmer überrascht werden und die Hauptfrage zur Zeitschätzung nicht ernst beantworten.
2. Alle bekommen die gleiche Information, um Unterschiede in der Zeitschätzung zu vermeiden, sodass nicht einige Personen zufällig mit der Aufgabe gerechnet haben und andere jedoch unvorbereitet waren.

Nach dem ersten Durchgang wurde den Teilnehmern die tatsächliche Dauer ihres Durchgangs nicht besprochen und nicht mitgeteilt, damit die Ergebnisse der zweiten Durchgangs von dieser Information nicht beeinflusst werden. Diese Entscheidung wurde bewusst getroffen, da die bewusste Aufmerksamkeit auf die Zeit die subjektive Zeitwahrnehmung verändert und dementsprechend verfälschte, nicht neutrale Ergebnisse liefert.

## 4 Methodik

Die Möglichkeit, beide Controllern gleichzeitig zu benutzen, um Objekte aufzuheben, wurde den Teilnehmenden nicht explizit mitgeteilt. Dennoch zeigte sich während der Durchführung, dass einzelne Teilnehmer beide Hände gleichzeitig nutzten und mehrere Objekte parallel bewegten.

### 4.2.2 Vorläufe und Familisierung

Zur Vermeidung von Verzerrung durch unterschiedliche Informationsstände erhielten alle Teilnehmenden vor jedem Durchgang eine standardisierte Instruktion. Hintergrund dieses Vorgehens ist das Risiko systematischer Abweichungen in der subjektiven Wahrnehmung, die durch variierende Aufgabenbeschreibung induziert werden könnten,

Bei der Konzeption beider Spiele wurde ein leicht erklärbares Spiel gestaltet, damit die Teilnehmenden sie intuitiv bedienen konnten. Durch diese geringen Einstiegshürden war es möglich, dass alle Probanden das Spielprinzip sofort verstehen.

### 4.2.3 Eingesetzte Hilfsmittel

Um vergleichbare Rahmenbedingungen in beiden Durchgängen zu schaffen und eine selbstständige Aufgabenbearbeitung zu ermöglichen, wurden in den Spielen unterstützende Hilfsmittel implementiert.

#### 4.2.3.1 Auditive Hinweistöne

In beiden Spielen wurden auditive Hinweise integriert, die automatisch abgespielt werden, um die Orientierung der Spieler zu unterstützen. Empirische Untersuchungen zeigen, dass visuelle und auditive Hinweisreize die Lenkung der Aufmerksamkeit unterstützen können, ohne dass dies automatisch zu einer messbaren Verbesserung der Leistung führt.

Obwohl eine Hintergrundmusik die Stress abbauen könnte, wurde auf deren Einsatz verzichtet. Die Musik kann individuell unterschiedlich wahrgenommen werden. Auch wenn ein Song als „entspannend“ eingestuft wird, kann er je nach persönlichem Geschmack oder kulturellem Hintergrund als stressig und störend empfunden werden. Von 153 empirischen Studien, die sich mit der Wirkung von Hintergrundmusik beschäftigt haben, konnten etwa ein Drittel keine messbaren Effekte finden, dass die Musik die Ergebnisse beeinflusst. Die Ergebnisse sind stark variiert und von situativen Faktoren abhängig.

Die im Spiel verwendete Sounds wurden vom Autor dieser Bachelorarbeit aufgenommen und schließlich auf einer Voice Changer Webseite bearbeitet.

## 4 Methodik

Im Weihnachtsspiel wurde noch ein zusätzlicher Mobile Phone-Sound hinzugefügt, der die Nutzer dabei hilft, das Ziel des Spiels zu erreichen.

Für das Schulspiel wurde eine selbst eingesprochene Sprachaufnahme verwendet, die mithilfe eines webbasierten Voice-Processing-Tools hinsichtlich Tonlage und Klangcharakter modifiziert wurde.

Für das Weihnachtsspiel wurde die Audiosequenz mithilfe eines webbasierten Text-to-Speech-Tools ([luvvvoice.com](http://luvvvoice.com)) generiert und als Audiodatei in das Spiel integriert.

Die Audiosequenzen dienten als didaktisches Hilfsmittel innerhalb der jeweiligen Spiele. Im Schulspiel wurde durch die gesprochene Aufforderung („Beeil dich, in ein paar Minuten beginnt die Schule, die Lehrer sollen nicht erfahren, dass du da bist...“) eine zeitliche Dringlichkeit vermittelt, um die Aufgabenbearbeitung zu strukturieren.

Im Weihnachtsspiel enthielt die Audiosequenz eine gezielte Handlungsanweisung (z. B. „Schau dir die Farben der Geschenke genau an und ordne sie den passenden Plätzen zu“). Diese half den Teilnehmern, sich in der Umgebung zu orientieren und die Aufgabenstellung klar zu erfassen.

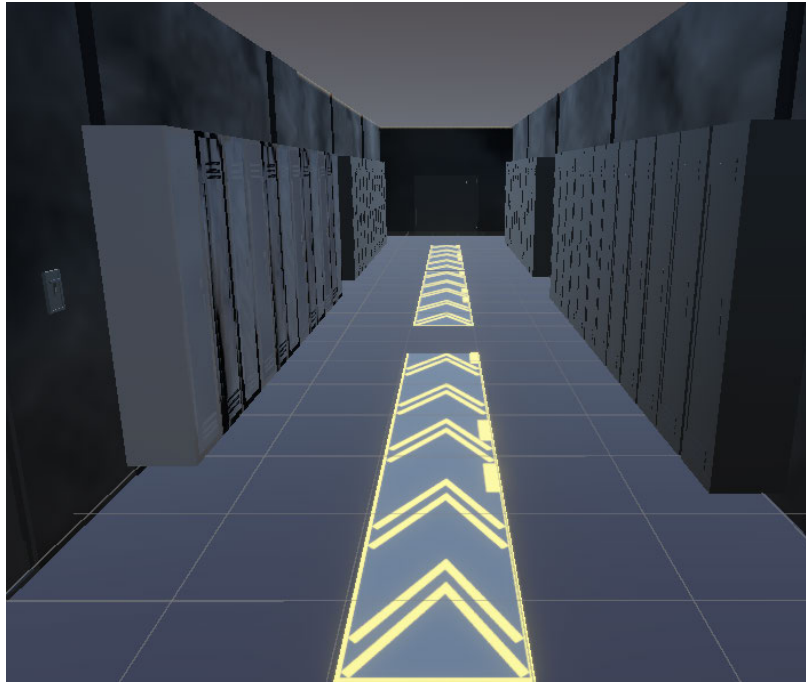
Durch den Einsatz der Audiodateien sollte sichergestellt werden, dass alle Teilnehmenden identische Hinweise unter standardisierten Bedingungen erhalten.

Der Beginn der Audiosequenzen erfolgte jeweils mit einer kurzen zeitlichen Verzögerung. Im Schulspiel setzte die Audiodatei nach 20 Sekunden ein. Diese Verzögerung ermöglichte es den Teilnehmenden, sich zunächst eigenständig im Innenraum zu orientieren und die Umgebung wahrzunehmen, bevor die verbale Instruktion erfolgte.

Im Weihnachtsspiel begann die Audiosequenz 10 Sekunden nach Spielbeginn, während sich die Teilnehmenden im Außenbereich befanden. Der frühere Einsatz der Stimme diente dazu, die narrative Situation zeitnah zu rahmen und die Aufmerksamkeit gezielt auf die bevorstehende Aufgabe zu lenken.

### 4.2.3.2 Visuelle Hilfsmittel

Die im Spiel integrierten Pfeilmarkierungen (siehe Abbildung 7) dienten der virtuellen Orientierung innerhalb der virtuellen Umgebung und unterstützten die Teilnehmenden dabei, das Ziel des Spiels effizient zu erreichen. Ohne diese Wegführung bestand die Gefahr, dass sich die Teilnehmenden im virtuellen Raum orientierungslos bewegten und nicht eindeutig erkennen konnten, in welche Richtung sie sich bewegen sollten.



**Abbildung 7:** Leuchtende Pfeilmarkierungen im virtuellen Flur zur visuellen Wegführung der Teilnehmenden. Quelle: Eigene Darstellung.

Zusätzlich wurden in beiden Spielen gezielt Lichtquellen an jene Positionen platziert, an denen die relevanten Objekte abgelegt werden sollten. Dadurch wurden die Zielbereiche visuell hervorgehoben und klar erkennbar gestaltet.

Erste Pilottestungen mit Probanden verdeutlichten, dass das Erreichen des Spielziels ohne diese visuellen Hilfsmittel eine komplexe Herausforderung für die Teilnehmenden darstellte.

Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden die Orientierungshilfen nachträglich in das Spieldesign integriert, um eine intuitive Nutzerführung zu gewährleisten.

### 4.3 Technische Umsetzung der VR-Anwendung

#### 4.3.1 VR-Entwicklungsumgebung

Wenn man über die Entwicklung von 2D- und 3D-Spielen sowie VR-Anwendungen in VR spricht, dann fallen die zwei beliebtesten Entwicklungsumgebungen Unreal Engine und Unity ein (Brill, 2023).

Trotz fehlender Vorerfahrung in der VR-Entwicklungsumgebung entschied sich der Autor dieser Arbeit für Unity, da die meisten Kommilitonen diese Wahl empfohlen hatten.

## 4 Methodik

In Unity werden Plattformen wie OpenXR, Oculus und PlayStation VR für registrierte PlayStation-Entwickler unterstützt.

Unity nutzt für die 3D-Anwendungen ein linkshändiges Weltkoordinatensystem. In der Computergrafik werden die 3 Koordinaten X,Y,Z angewendet. Wie üblich, zeigt die Y-Achse nach oben, die X-Achse in der Vorderansicht nach links und die Z-Achse wird für die Tiefe bezeichnet. Dazu gibt es eine Klasse in der Unity-API namens Vector3, die für die Koordinatenachsen zuständig ist (Brill, 2023). Um ein Projekt zu starten, sind die 3-Achsen notwendig.

Für die Entwicklung des VR-Projektes bietet Unity den Vorteil, dass das System auf standardisierten Maßeinheiten basiert. Eine Skalierung von  $1 \times 1 \times 1$  im Unity-Koordinatensystem entspricht einem realen Maßstab von 1 Meter  $\times$  1 Meter  $\times$  1 Meter. Für die Gestaltung der virtuellen Umgebung wurden ausschließlich frei verfügbare 3D-Assets aus dem Unity Asset Store verwendet (z. B. „Christmas Pack FREE - Low Poly 3D Models Pack“, „Free Fance Pack“).

### 4.3.2 Technischer Versuchsaufbau

#### Installation der XR Interaction Toolkit

Im ersten Verarbeitungsschritt wurde sichergestellt, dass die virtuellen Controller bzw. Hände in der VR-Umgebung, durch die physische Bewegungen der Nutzer gesteuert werden können und Objekte innerhalb der Szene greifbar sind. Zu diesem Zweck wurde das XR Interaction Toolkit installiert.

#### 4.3.2.1 Einrichtung der XR Origin

XR Origin ist ein Bestandteil des XR Interaction Toolkit und repräsentiert die Position, Höhe sowie das Tracking der Spieler im virtuellen Raum. XR Origin erstellt automatisch untergeordnete Objekte, darunter die Hauptkamera und die Controller.

Um die virtuelle Welt aus der Sicht des Nutzers wiederzugeben, wurde die Hauptkamera eingesetzt. Eine ihrer zentralen Komponenten ist der “Tracked Pose Driver”, der die Position- und Rotationsdaten des VR-Headsets in Echtzeit an die Kamera übermittelt.

#### 4.3.2.2 Controller

Die Interaktion mit der virtuellen Umgebung erfolgt über zwei Controller, die aus Starter Assets von XR Interaction Toolkit Samples importiert wurden. Diese geben den Nutzer die Möglichkeit, direkte Interaktionen mit Objekten zu haben und stellen die räumliche Darstellung der Hände innerhalb der Szene dar.

## 4 Methodik

Bevor sie auf Hierarchy importiert wurden, wurden die Transformation der beiden Controller kopiert und dann wieder beim Ersetzen eingefügt, da sonst sie die Transformation der Eltern übernehmen.

### 4.3.2.3 Locomotion

Um eine kontinuierliche Bewegung sowie Drehung in der virtuellen Umgebung zu ermöglichen, wurde ein Locomotion-System hinzugefügt. Der Autor dieser Arbeit hat sich für Smooth-Locomotion entschieden, um vergleichbare Bewegungsdynamik für die Teilnehmer zu schaffen. Bei einer Teleportation hätte ein systematischer Unterschied in der Bewegungsgeschwindigkeit gegeben, da Personen mit einer VR-Vorerfahrung oder Gaming-Erfahrung größere Distanzen deutlich schneller zurücklegen können als die unerfahrenen Teilnehmer.

Innerhalb der Locomotion wurden drei separate Objekte für Bewegung (Move), Drehung (Turn) und Gravitation (Gravity) angelegt, die jeweils bestimmte Locomotion-Komponenten enthalten: Der Continuous Move Provider, Continuous Turn Provider und Gravity Provider. Damit die Bewegung des Spielers innerhalb der virtuellen Umgebung realistisch wirkt, wurde die Komponente Gravity Provider verwendet, die dafür sorgt, dass die Nutzer während der Anwendung auf dem Boden verbleiben, nicht schweben sowie durch andere Objekte fallen.

Hierzu wird eine kontinuierliche Bodenerkennung mittels Sphere Casts durchgeführt, wodurch das Stehen und Fallen des Spielers korrekt anerkannt wird.

### 4.3.2.4 Interaktionen

Für beide Spiele dieser Bachelorarbeit wurde eine Komponente namens XR Grab Interactable verwendet. Diese Komponente erlaubt es den Nutzern, virtuelle Objekte aufzunehmen, zu bewegen und wieder abzulegen. Die Interaktion war so umgesetzt, dass Objekte sowohl einzeln als auch gleichzeitig mit beiden Controllern gegriffen und bewegt werden konnten.

## 4.3.3 Konfiguration und Einstellungen

### 4.3.3.1 Tracking Origin Mode (Floor)

Die Tracking Origin Mode von der Szene wurde auf Floor gesetzt, damit die Körpergröße des Spielers berücksichtigt wird.

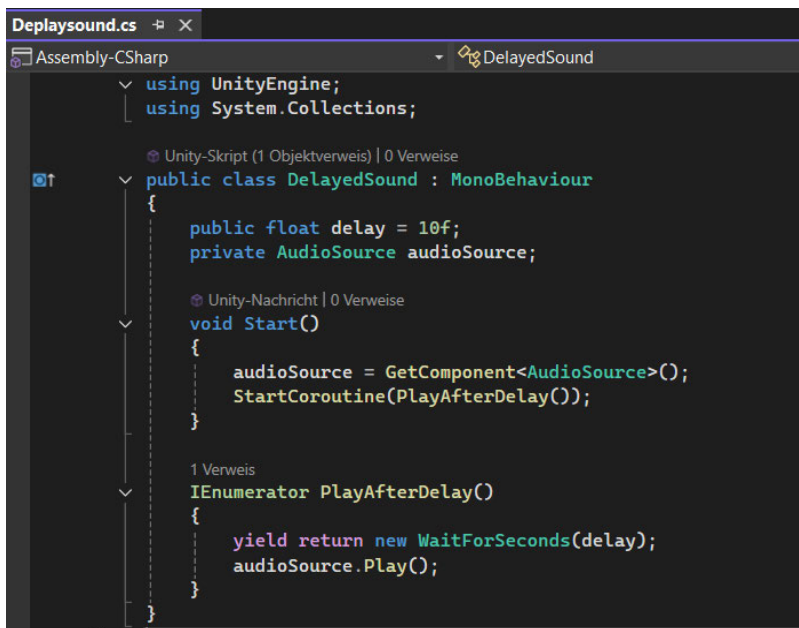
### 4.3.3.2 Bewegungsarten

In der Locomotion wurden die Fortbewegung und Rotation voneinander getrennt: Der Thumbstick auf dem linken Controller für Vor- und Rückwärts und der Thumbstick auf dem rechten Controller für die Drehung eingestellt. Die Teilnehmer hatten zusätzlich die Möglichkeit, sich durch körperliche- oder Kopfbewegungen innerhalb der realen Umgebung umzudrehen, was ebenfalls eine entsprechende Drehung in der virtuellen Umgebung bewirkt.

Die Rotationsgeschwindigkeit wurde in beiden Spielen konstant gehalten, während die Geschwindigkeit der translationalen Bewegung (MoveSpeed) im Schulspiel niedriger eingestellt wurde als im Weihnachtsspiel. Erste Testdurchläufe zeigten, dass eine reduzierte Fortbewegungsgeschwindigkeit im Schulspiel dazu beitrug, dass die Gesamtdauer beider Spiele in einen vergleichbaren Zeitraum fällt. Daher ist die Movespeed im Schulspiel auf Wert 2 gesetzt und im Weihnachtsspiel 3. Dieser Parameter gibt die Geschwindigkeit der Fortbewegung in Meter pro Sekunde (2 entspricht 2 m/s).

### 4.3.3.3 Skripte zur Audiosteuerung

Ein in Unity implementiertes C#-Skript übernimmt die zeitgesteuerte Wiedergabe der Audiodateien. Es stellt sicher, dass die Audiosequenzen zu den vordefinierten Zeitpunkten innerhalb des Spiels automatisch abgespielt werden (siehe Abbildung 8).



```
DelayedSound.cs
Assembly-CSharp
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class DelayedSound : MonoBehaviour
{
    public float delay = 10f;
    private AudioSource audioSource;

    void Start()
    {
        audioSource = GetComponent<AudioSource>();
        StartCoroutine(PlayAfterDelay());
    }

    IEnumerator PlayAfterDelay()
    {
        yield return new WaitForSeconds(delay);
        audioSource.Play();
    }
}
```

**Abbildung 8:** Implementierter C# Code in Unity zur zeitverzögerten Audioausgabe (Delayed Sound). Quelle: Eigene Darstellung.

### 4.3.4 Hardware

Für die Entwicklung der VR-Anwendungen in Unity wurden standardisierte XR-Komponente wie OpenXR und das XR Interaction Toolkit verwendet, um die Nutzung der Meta Quest 2 sowie die Interaktion und das Tracking innerhalb der virtuellen Umgebung zu ermöglichen

Die Hochschule für angewandte Wissenschaft Hamburg stellte für diese Bachelorarbeit die VR-Brille Meta Quest 2 von dem Unternehmen Meta zur Verfügung (siehe Abbildung 9).



**Abbildung 9:** Meta Quest 2 mit den linken und rechten Touch-Controllern. Quelle: Refurbiestore (2025).

Meta Quest 2 Headset verfügte über zwei Touch-Controller mit Ring, die für linke und rechte Hand entwickelt wurden. Sie funktionieren mit AA-Batterien. Das Headset wird durch Strom aufgeladen.

#### 4.3.4.1 Hardware- und Softwareversionen

Die ersten Versionen der Meta Quest VR-Brillen kamen im Mai 2019 auf den Markt, die zwei separate LCD-Displays verfügten und eine Akkulaufzeit 2 bis 3 Stunden aufwiesen. Bislang gibt es neuere Modelle wie Meta Quest 3 und Quest 3.

## 4 Methodik

### 4.3.4.2 Einordnung der Meta Quest 2 vs Meta Quest 3

**Tabelle 1:** Vergleich der technischen Spezifikation der Meta Quest 2 und Meta Quest 3.

| Gerätetyp              | Meta Quest 2                                                         | Meta Quest 3                                 |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Auflösung(pro Auge)    | 1832 × 1920 Pixel                                                    | 2064 × 2208 Pixel                            |
| Speicher               | 128 GB oder 256 GB                                                   | 128 GB oder 512 GB                           |
| Arbeitsspeicher (RAM)  | 6 GB                                                                 | 8 GB                                         |
| Prozessor              | Snapdragon XR2 (1. Generation)                                       | Snapdragon XR2 (2. Generation)               |
| Konnektivität          | Bluetooth 5.0, WiFi 6                                                | Bluetooth 5.2, WiFi 6E                       |
| Aktualisierungsraten   | 90 Hz, 120 Hz                                                        | 72 Hz, 80 Hz, 90 Hz, 120 Hz                  |
| Sichtfeld (horizontal) | 90°                                                                  | 110°                                         |
| Sichtfeld (vertikal)   | 90°                                                                  | 96°                                          |
| VR/AR                  | Fokus auf VR. AR nur eingeschränkt (Schwarzweiß, Drittanbieter-Apps) | VR und AR möglich; vollwertige Mixed Reality |

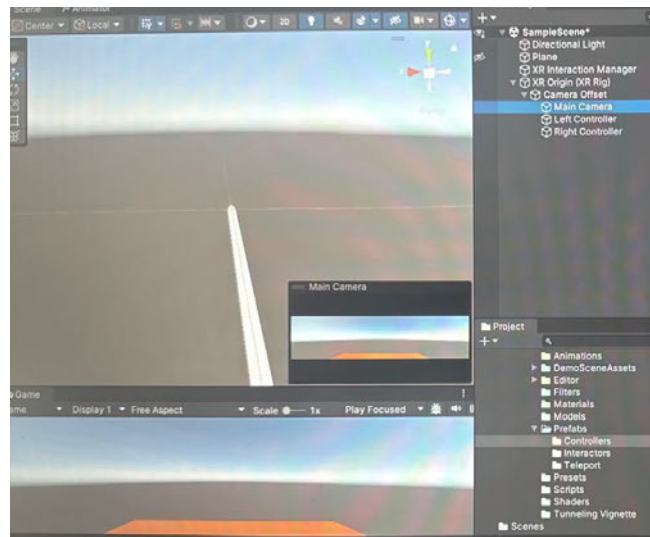
Tabelle 1 zeigt einen Vergleich zentraler technischer Spezifikation der Meta Quest 2 und Meta Quest 3. Deutlich wird, dass die Meta Quest 3 über eine höhere Auflösung pro Auge, einen größeren Arbeitsspeicher sowie einen leistungsfähigeren Prozessor verfügt. Zudem bietet sie ein erweitertes Sichtfeld und unterstützt vollwertige Mixed-Reality-Anwendungen.

Diese technischen Verbesserungen können sich insbesondere auf die Qualität, die Performance sowie die Immersion innerhalb von VR-Anwendungen auswirken und sind daher für die Durchführung experimenteller VR-Studien relevant.

### 4.4 Ablauf des Experiments

#### 4.4.1 Vorbereitung

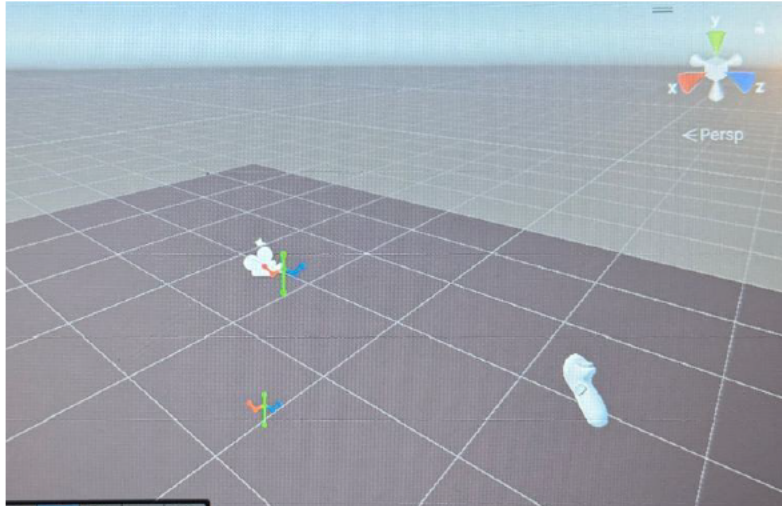
Für die Vorbereitung dieser Bachelorarbeit wurden zahlreiche Unity Tutorials angeschaut und herangezogen. Zu Beginn der Arbeit wurde die Unity Version 2022.3 LTS angewendet. Diese Version von Unity funktionierte jedoch nicht fehlerfrei. Während der Ausführung traten ungewöhnliche Fehler bei der Übertragung der Controller auf, sodass die virtuellen Controller nicht korrekt dargestellt werden konnten. Stattdessen wurden die virtuellen Controller fälschlicherweise als eine gerade Linie dargestellt, was nicht dem erweiterten Verhalten entsprach. Aus diesem Grund war eine Wechselung der Unity Version notwendig (siehe Abbildung 10).



**Abbildung 10:** Unity-Bugs: Die virtuellen Controller wurden fälschlicherweise als eine Linie angezeigt. Quelle: Eigene Darstellung.

Anstatt eine zeitintensive Fehleranalyse der ursprünglichen Softwareumgebung vorzunehmen, wurde das Projekt auf die aktuelle Unity-Version 6.2(6000.2.13f1) portiert. In ersten Testläufen zeigten sich jedoch zwei technische Unregelmäßigkeiten:

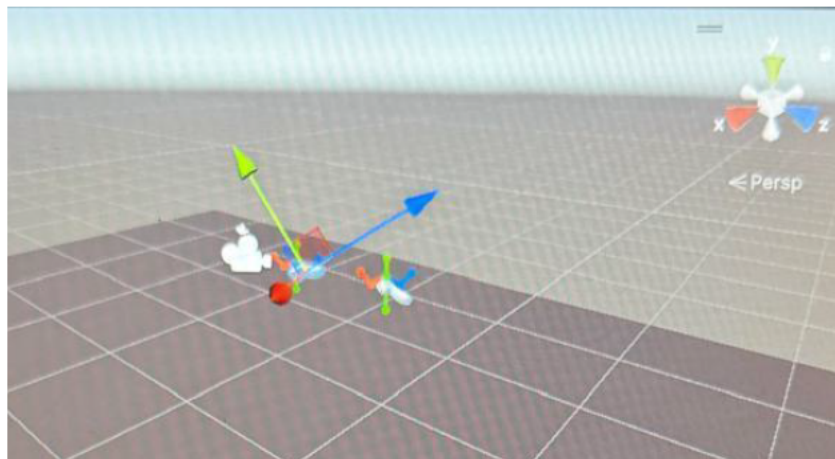
1. Zunächst wiesen die virtuellen Repräsentationen der Controller einen Offset von etwa zwei Metern zur tatsächlichen Position der Hardware auf, obwohl die Eingabefunktionen und die generelle Bewegungssteuerung fehlerfrei arbeiteten (siehe Abbildung 11).



**Abbildung 11:** Fehlerhafte, gespiegelt dargestellte Positionierung der virtuellen Controller vor der Kamera. Quelle: Eigene Darstellung.

Zur Behebung dieses Problems wurden die Standard-Presets der XR Interaction Toolkit Starter Assets übernommen und in die bestehende Controller-Konfiguration integriert.

2. Nachdem der räumliche Versatz der Controller zur Kamera korrigiert wurde, trat eine invertierte Darstellung innerhalb der Szene auf. Diese Unregelmäßigkeit ließ sich auf eine fehlerhaften Initalkonfiguration: Die lokale Rotation der jeweiligen Unterobjekte war um  $180^\circ$  auf einer Achse versetzt, was die seitenverkehrte Darstellung verursachte (siehe Abbildung 12).



**Abbildung 12:** Gespiegelte Positionierung der Controller vor der Kamera, verursacht durch eine um  $180^\circ$  gedrehte Rotation der Unterordner in der Objekt-Hierarchie. Quelle: Eigene Darstellung.

## 4 Methodik

Um das Projekt für die Durchführung der Experimentes vorzubereiten, wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Installation der XR Interaction Toolkit
2. Einrichtung der XR Origin Komponente
3. Konfiguration der Controller und Interaktionen (Greifen)
4. Implementierung der Locomotion (kontinuierliche Fortbewegung und Drehung)
5. Absicherung der Bewegungen durch Gravitation und Kollision

### 4.4.2 Untersuchungsort

Die Untersuchungen fanden an der Hochschule für angewandte Wissenschaft Hamburg (HAW) statt. Da sich die Teilnehmenden ohnehin den Großteil des Tages auf dem Campus aufhalten, bot sich die ideale Gelegenheit, sie für beide Messpunkte direkt vor Ort zu erreichen.

Sämtliche Untersuchungen wurden im Flur der Hochschule durchgeführt. Da es sich um einen öffentlichen Bereich handelte, konnte eine vollständige akustische Abschirmung nicht gewährleistet werden. Die Personen passierten den Versuchsaufbau.

Zwischen den beiden Durchgängen gingen die Teilnehmenden ihrem gewöhnlichen Studienalltag nach. Sie besuchten Vorlesungen, nahmen an Lehrveranstaltungen teil oder lernten in der Bibliothek.

Um die Motivation bei den Teilnehmer der Untersuchungen zu erhöhen, wurden unter den Teilnehmern vier Amazon Gutscheine verlost.

### 4.4.3 Fragebögen

#### 4.4.3.1 Erstellung und Durchführung der Fragebögen

Die Fragebögen wurden mit Google Forms erstellt und über QR-Codes gemacht. Dies ermöglichte den Teilnehmenden einen unkomplizierten Zugriff direkt über das eigene Smartphone.

Bei Google Forms handelt es sich um eine webbasierte Befragungssoftware, die eine effiziente digitale Erfassung und Verwaltung der Antwortdaten ermöglicht.

Die Vorteile dieser Plattform umfassen:

- Kosteneffizienz: Kostenlose Nutzung ohne Budgetbelastung.
- Skalierbarkeit: Erstellung einer unbegrenzten Anzahl an Fragen.
- Flexibilität: Einfache Modifikation und Anpassung des Formulardesign.
- Effiziente Distribution: Google Forms bietet vielseitige Optionen zur Verbreitung der Umfrage.

## 4 Methodik

### 4.4.3.2 Aufbau der Erhebungen (Vor- und Nachfragen)

Das Untersuchungsdesign sah pro Durchgang eine Vor- und eine Nachfrage vor. Da jede teilnehmende Person zwei Durchgänge absolvierte, wurden insgesamt vier Fragebögen pro Person erhoben.

Um eine eindeutige Zuordnung der Daten zu gewährleisten und Verwechslungen auszuschließen, wurden die Erhebungszeitpunkte wie folgt definiert:

- 1. Durchgang: Vorfrage 1 → Intervention (VR-Anwendung) → Nachfrage 1
- 2. Durchgang: Vorfrage 2 → Intervention (VR-Anwendung) → Nachfrage 2

#### 1. Durchgang

Vor dem ersten Durchgang erhielten die Teilnehmenden den Fragebogen “Vorfrage 1”, der Fragen zur persönlichen Ausgangslage und zum aktuellen Zustand enthielt.

Nachdem das VR-Spiel gespielt wurde, füllten sie den Fragebogen “Nachfrage 1” aus.

#### 2. Durchgang

Im zweiten Durchgang erhielten sie die “Vorfrage 2”. Diese unterschied sich von der “Vorfrage 1”, da die Fragen zu persönlichen Angaben entfielen, weil diese bereits im ersten Durchgang erfasst worden waren.

### 4.4.3.3 Inhaltliche Struktur der Fragebögen

Die Fragebögen waren grundsätzlich gleich aufgebaut. Der Fragebogen des zweiten Durchgangs (Nachfrage 2) enthielt jedoch nach dem Spiel eine zusätzliche Frage.

Nach jedem Durchgang bestand der Fragebogen aus drei Teilen:

1. Subjektives Aufgabenerleben
2. IPQ (Igroup Presence Questionnaire)
3. SSQ-Fragen: Simulator Sickness Questionnaire

### 4.4.3.4 Subjektives Aufgabenerleben

Zur Ergänzung der zentralen Frage, wie lange die Aufgabe subjektiv gedauert hat, wurden fünf selbst entwickelte Items in den Fragebogen aufgenommen. Mit diesen Items wurde die Wahrnehmung der Aufgabendauer etwas genauer beleuchtet und weitere Aspekte des subjektiven Erlebens während der Bearbeitung berücksichtigt.

Neben einer allgemeinen Einschätzung zur wahrgenommenen Spieldauer wurde auch gefragt, ob die Teilnehmenden die Spiele als kürzer, genauso lang oder länger als erwartet wahrgenommen hatten.

## 4 Methodik

Weitere Fragen bezogen sich auf den empfundenen Zeitdruck während der Bearbeitung sowie darauf, ob die Aufmerksamkeit zwischendurch spürbar nachgelassen wurde.

Ein Item erfasste, ob die Teilnehmer so stark in die Aufgabe vertieft waren, dass sie die Zeit vollständig aus dem Blick verloren hatten. Für den Fragebogen nach dem zweiten Spiel wurde zusätzlich ein Item ergänzt, das sich speziell auf den direkten Vergleich der beiden Spiele bezog.

Diese Items wurden jeweils auf einer fünfstufigen Likert-Skala beantwortet (von “trifft überhaupt nicht zu” bis “trifft völlig zu”).

### 4.4.3.5 Igroup Presence Questionnaire (IPQ)

Der Igroup Presence Questionnaire (IPQ) ist ein standardisierter Fragebogen zur Erfassung des subjektiven Präsenzerlebens in virtuellen Umgebungen.

Der IPQ besteht aus 14 standardisierten Items und gliedert sich in die Subskalen “Räumlicher Präsenz”, “Involvement” und “Erlebter Realismus”. Die Items werden auf einer fünfstufigen Likert-Skala beantwortet

#### 4.4.3.5.1 Einsatz des IPQ in der vorliegenden Untersuchung

In dieser Arbeit wird der IPQ eingesetzt, um die Ergebnisse der Zeitwahrnehmung im Kontext des Erlebens der virtuellen Umgebung einzuordnen. Ein hohes Maß an Präsenz gilt dabei als Indikator für eine erfolgreiche Immersion. Die Erhebung ermöglicht es zu prüfen, inwiefern die empfundene Realitätsnähe der Umgebung die Genauigkeit der Zeiteinschätzung beeinflusst, da spezifische Effekte der Spielszenarien nur bei einem tiefen Eintauchen in die VR zuverlässig untersucht werden können

#### 4.4.3.5.2 Deskriptive Analyse der IPQ-Items

Zur Auswertung der IPQ Items wurden die Items gemäß der vorgegebenen Teststruktur in 3 Subskalen aufgeteilt: “Räumliche Präsenz”, “Involvement” und “Erlebter Realismus”. Eine Zuordnung der einzelnen Items zu den jeweiligen Subskalen ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Auswertung erfolgte getrennt für beide Durchgänge (Nachfrage 1 und Nachfrage 2).

Die Items wurden numerisch codiert (1 für “trifft gar nicht zu” und “5 für trifft völlig zu”). Negativ formulierte Items (3,4,7 und 9) wurden von der Mittelwertbildung invertiert.

Die Subskala “Erlebter Realismus” setzt sich aus Items mit unterschiedlichen Antwortformaten zusammen. Drei Items wurden auf einer fünfstufigen Skala erhoben (z. B. von “gar nicht real” bis “vollkommen real”). Ein weiteres Item wurde auf einer siebenstufigen Skala erfasst (von “wie eine vorgestellte Welt” bis “nicht zu unterscheiden von der realen Welt”) und diente der direkten Einschätzung der wahrgenommenen Realitätsnähe.

## 4 Methodik

Für die Subskala wurden die Werte der Antworten pro Teilnehmenden und Durchgang gemittelt, indem die Summe der zugehörigen Items durch deren Anzahl geteilt wurde. Anschließend wurden die individuellen Mittelwerte der Subskalen über alle Teilnehmer gemittelt, um die durchschnittliche Ausprägung je Durchgang zu bestimmen.

**Tabelle 2:** Zuordnung der IPQ-Items zu den Subskalen

| Skala              | Items Nummer |
|--------------------|--------------|
| Räumliche Präsenz  | 1-6          |
| Involvement        | 7-10         |
| Erlebter Realismus | 11-14        |

### 4.4.3.6 Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)

Der Simulator Sickness Questionnaire ist eine Art von VR-Fragebogen, der von Robert S. Kennedy et al. im Jahr 1993 entwickelt wurde. Durch SSQ erfassen die Studien die möglichen körperlichen Beschwerden über die Nutzung der VR-Brillen und bewerten, wie belastend eine bestimmte VR-Erfahrung ist und ob Designänderungen die Symptome verringern.

Der SSQ besteht aus 16 Items und kann unter drei vorher festgestellte Oberkategorien **Übelkeit (Nausea[N])**, **Augenmotorik (Oculomotor [O])** und **Orientierungslosigkeit (Disorientation [D])** sowie **dem Gesamtscore (Total Score [TS])** zusammengefasst werden.

#### 4.4.3.6.1 Einsatz des SSQ in vorliegenden Untersuchung

Durch den Einsatz der SSQ in dieser Bachelorarbeit wurde überprüft, ob die Ergebnisse der Zeiteinschätzung durch VR-bedingte Beschwerden beeinflusst werden. Insbesondere konnten negative körperliche Zustände wie Schwindel die Konzentration verringern.

#### 4.4.3.6.2 Berechnung der SSQ-Subskalen und des Gesamtscores

Die typische Antwortskala war 4-stufig von “gar nicht” bis “stark” ( 0 = gar nicht, 1 = leicht, 2 = Mittel und 3 = Stark). Alle 16 Items wurden in drei Oberkategorien angeordnet und bildeten für jede Subskala die Summe der Itemwerte (0-3).

Diese Oberkategorie wurden für die Berechnung gewichtet:

## 4 Methodik

- Nausea-Score (N) = Summe der Nausea-Items  $\times 9,54$ .
- Oculomotor-Score (O) = Summe der Oculomotor-Items  $\times 7,58$
- Disorientation-Score (D) = Summe der Disorientation-Items  $\times 13,92$

Der SSQ-Gesamtscore wurde berechnet als:

$$\text{SSQ Gesamtscore} = (\text{Nausea-Score} + \text{Oculomotor-Score} + \text{Disorientation-Score}) \times 3,74$$

Die Gewichtung erfolgte gemäß der Originalpublikation und ermöglicht eine standardisierte Quantifizierung der Simulator Sickness.

Höhere SSQ-Gesamtscores weisen auf stärkere, durch die Anwendung ausgelöste Beschwerden hin, während niedrigere Werte eine geringfügige oder ausbleibenden Simulator Sickness signalisieren.

### 4.4.3.6.3 Deskriptive Auswertung des SSQ-Gesamtscores

Der Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) wurde zu zwei Messzeitpunkten erhoben (Nachfrage 1 = N1, Nachfrage 2 = N2). Die Auswertung erfolgte getrennt für beide Durchgänge anhand der Gesamt-SSQ-Scores.

Der Mittelwert ergab sich aus der Summe aller individuellen SSQ-Gesamtscores, dividiert durch die Anzahl der Teilnehmenden (siehe Formel 1).

$$\text{Mittelwert} = \frac{\sum \text{SSQ-Gesamtscore}}{\text{Anzahl der Teilnehmer}} \quad (1)$$

Zusätzlich wurde die Standardabweichung (SD) zur Beschreibung der Streuung der SSQ-Gesamtscores berechnet.

Eine hohe Standardabweichung deutet auf eine starke Streuung der SSQ-Gesamtscores innerhalb der Stichproben hin. Eine niedrige Standardabweichung kennzeichnet hingegen eine geringe Streuung und damit ähnliche Werte zwischen den Teilnehmenden.

### 4.4.3.7 Likert-Skala

Für die Beantwortung der Fragen wurde die sogenannte Likert-Skala verwendet. Ausgenommen hiervon waren die Fragen zur persönlichen Ausgangslage sowie die zentrale Frage zur Zeiteinschätzung.

Bei der Likert-Skala handelt es sich um ein Antwortformat, das typischerweise aus einer mehrstufigen Skala mit einer gerade oder ungerade Anzahl von Antwortmöglichkeiten besteht. Eine Umfrage mit gerade Likert-Skala enthält keine Option für neutrale Antwort. Im Gegensatz dazu gibt es bei einer Umfrage mit ungerade Likert-Skala neutrale Antwortoptionen.

In der vorliegenden Arbeit wurden sowohl gerade als auch ungerade Likert-Skalen eingesetzt.

Die in dieser Bachelorarbeit eingesetzten standardisierten Fragebögen IPQ und SSQ verwenden bereits vordefinierte Likert-Skala. Der IPQ verwendet eine gerade Likert-Skala mit vier Antwortoptionen.

## 4 Methodik

Der SSQ besteht aus einer ungerade Likert-Skala mit vier Antwortoptionen (0-3).

Einer wesentlichen Vorteile der Likert-Skala besteht darin, dass sie differenzierte Abstufungen subjektiver Einschätzungen ermöglicht und somit eine präzisere statistische sowie grafische Darstellung der Ergebnisse erlaubt

### 4.4.3.8 Zusätzliche Frage

Am Ende beider Durchgänge wurde in der „Nachfrage 2“ eine zusätzliche Frage gestellt. Diese diente dazu, zu erfassen, ob das zweite Spiel im subjektiven Erleben als kürzer wahrgenommen wurde.

## 4.5 Beschreibung der VR-Spiele

### 4.5.1 Schulspiel

Beim Schulspiel startete der Charakter in einem Klassenzimmer (siehe. Abbildung 13).



**Abbildung 13:** Startszene des Schulspiels im Klassenzimmer aus der Perspektive der Spielfigur. Quelle: Eigene Darstellung.

Die Aufgabe bestand darin, zunächst ein rotes Buch zu finden, es zur Bibliothek zu bringen und dort in einen Mülleimer zu werfen. Anschließend sollte in der Bibliothek ein Laptop gefunden und ebenfalls im Mülleimer entsorgt werden (siehe. Abbildung 14).



**Abbildung 14:** Bibliothek mit Mülleimer als Abgabepunkt im Schulspiel. Quelle: Eigene Darstellung.

Die beiden zentralen Interaktionsobjekte des Spiels, das rote Buch und der Laptop, sind in Abbildung 15 dargestellt.



**Abbildung 15:** Rotes Buch und Laptop als zentrale Interaktionsobjekte im Schulspiel. Quelle: Eigene Darstellung.

Die Spielhandlung spielte am frühen Morgen. Der Lehrer hatte geplant, die Schülerinnen und Schüler mithilfe eines roten Buches mündlich abzufragen. Einen Tag zuvor hatte er sein rotes Buch im Klassenzimmer liegen lassen und seinen Laptop in der Bibliothek vergessen.

## 4 Methodik

Die Teilnehmenden übernahmen in diesem Spiel die Rolle eines Schülers, der versucht, beide Gegenstände verschwinden zu lassen, um die geplante Befragung zu verhindern. Da Schülerinnen und Schüler das Schulgelände zu diesem frühen Zeitpunkt nicht betreten durften, entstand eine zusätzliche Dringlichkeit.

### 4.5.2 Weihnachtsspiel

Beim Weihnachtsspiel übernahmen die Teilnehmenden die Rolle einer Figur, die sich außerhalb eines Hauses befand (siehe. Abbildung 16).



**Abbildung 16:** Die Startszene des Weihnachtsspiels außerhalb des Hauses aus der Perspektive der Spielfigur. Quelle: Eigene Darstellung.

Die Aufgabe bestand darin, das Haus zu betreten, die im Inneren verteilten Geschenke zu finden und sie den vorgesehenen Plätzen zuzuordnen. Diese befanden sich auf zwei Tischen im Wohnzimmer direkt neben dem Weihnachtsbaum. Auf den Tischflächen waren farblich markierte Felder angebracht, die jeweils einer bestimmten Geschenkfarbe zugeordnet waren. Sobald eine Box auf der korrekten Markierung platziert wurde, galt dieser Teilschritt als abgeschlossen (siehe. Abbildung 17).

Die Spielhandlung spielte an Heiligabend: Die Familie sollte in wenigen Minuten nach Hause kommen, jedoch waren die Geschenke nicht an ihren vorgesehenen Positionen platziert, sondern im Haus verteilt.

## 4 Methodik

Ziel der Spielfigur war es, die vier Geschenke einzusammeln und sie an die jeweils richtige Position zu legen.



**Abbildung 17:** Vier unterschiedlich farbige Geschenkboxen als zentrale Interaktionsobjekte im Weihnachtsspiel. Quelle: Eigene Darstellung.

### 4.5.3 Zeitmessung und Endbedingungen

Der Zeitmessung begann jeweils, sobald die VR-Brille vollständig aufgesetzt war, die Controller in den Händen der Teilnehmenden lagen und das Spiel in der virtuellen Umgebung gestartet war. Der Timer wurde unmittelbar in diesem Moment gestartet und lief bis zur definierten Endbedingung des jeweiligen Spiels.

Der Durchgang galt im Schulspiel als beendet, sobald sowohl das rote Buch als auch der Laptop vollständig im Mülleimer abgelegt worden waren. In diesem Moment wurde die Zeitmessung gestoppt.

Im Weihnachtsspiel endete der Durchgang, sobald alle vier Geschenkboxen korrekt auf den vorgesehenen Zielmarkierungen platziert waren. Die Zeitmessung wurde unmittelbar nach dem Ablegen der letzten (vierten) Geschenkbox beendet.

Der Versuchsleiter (Autor dieser Arbeit) verfolgte den Spielverlauf parallel über das Display der Entwicklungsumgebung Unity. Dadurch konnte jederzeit eingesehen werden, welche Aktionen die Teilnehmenden ausführen und wann die jeweilige Endbedingung des Spiels erreicht war. Auf dieser Grundlage wurde die Zeitmessung entsprechend gestartet und beendet.

### 4.5.4 Individuelle Entwicklung der Spielgeschichten

Nach der Sichtung verschiedene Templates sowie der Analyse von Beispielen und Tutorials ergab sich die grundlegende Konzeption der Spielgeschichte.

In der ersten Testversion des Schulspiels startete die Spielfigur in einem Klassenzimmer, ergab sich anschließend in die Bibliothek, fand dort ein rotes Buch und brachte dieses zurück ins Klassenzimmer. Im weiteren Entwicklungsprozess wurde die Handlungsreihenfolge jedoch angepasst: In der finalen Version begann das Spiel direkt im Klassenzimmer, wo das rote Buch gefunden und dann in die Bibliothek gebracht wurde.

Das Weihnachtsspiel entstand unabhängig von dieser Entwicklung. Da der zeitliche Rahmen der Datenerhebung vor und nach Weihnachten lag, wurde die Idee entwickelt, eine thematisch passende Spielhandlung mit Bezug auf Weihnachten zu integrieren. Auf dieser Grundlage wurde ein eigenständiges Weihnachtsspiel konzipiert und umgesetzt, das als ergänzende Versuchsbedingung diente.

### 4.5.5 Gestalterische Entscheidung

Die Farbe des Buches im Schulspiel wurde bewusst rot gewählt, da Rot als Signalfarbe gilt und eine hohe visuelle Auffälligkeit besitzt. Dadurch sollte sichergestellt werden, dass sich das Objekt deutlich von den anderen Gegenständen in der Umgebung unterschied.

Die Geschenke im Weihnachtsspiel wiesen jeweils zwei unterschiedliche, auffällige Farbkombinationen auf, um eine klare visuelle Unterscheidbarkeit zu ermöglichen.

### 4.5.6 Physische Bewegung

Die Fortbewegung innerhalb der VR-Umgebung erfolgte über die Controllersteuerung (vgl. Abschnitt 4.3.3.2). Dadurch wurde eine einheitlich definierte Bewegungsgeschwindigkeit für alle Teilnehmenden sichergestellt und potenzieller Störvariable reduziert.

### 4.5.7 Die Templates

Beim Schulspiel war das Schulgelände als ein vorgefertigtes Template, das in Unity importiert wurde. Die Grundstruktur wie Wände und Türen blieb stehen, aber alle vorgegebenen Objekte wurden entfernt und dann neu eingefügt. Zusätzlich wurden fehlende Objekte, wie zum Beispiel Eimer oder andere kleine Objekte, aus anderen Templates hinzugefügt. Auch die Farben wurden teilweise aus verschiedenen Vorlagen kombiniert und angepasst.

Das Weihnachtsspiel wurde vollständig von Grund auf neu zusammengestellt, indem alle Objekte manuell platziert wurden, ohne auf das vorgefertigte Template zurückzugreifen.

### 4.6 Fakten über aktuelle Zustand und Erfahrung

#### 4.6.1 Zeitlicher Kontext (Weihnachtsferien)

Die Durchführung der Untersuchungen fand nach den Weihnachtsferien 2025 statt.

Nach der Rückkehr aus einer längeren Erholungsphase kann die Wiedereingliederung in die Alltagsroutine variieren. In der psychologischen Literatur wird dieser Prozess teilweise als “Post-Holiday-Syndrom” gefasst. Typische Begleiterscheinungen sind unter anderem erhöhte Ermüdung, sowie eine vorübergehende Reduktion der Konzentrationsfähigkeit und Motivation.

Es handelt sich hierbei nicht um eine klinische Krankheit, sondern um einen temporären Adaptationsprozess im Sinne eines Anpassungsphänomens.

Da insbesondere Aufmerksamkeitsdefizite auftreten können, ist nicht anzuschließen, dass dieser zeitliche Kontext die Ergebnisse beeinflusst hat.

#### 4.6.2 Stress und Zeitdruck

Stress und enge Zeitpläne gehören im Studium einfach dazu und beeinflussen sowohl die Konzentration als auch das subjektive Zeitempfinden deutlich.

Wenn die Aufmerksamkeit stark auf eine Aufgabe oder auf neue Eindrücke fokussiert ist, tritt die Zeit oft in den Hintergrund – man nimmt sie kaum noch bewusst wahr. Das führt in den meisten Fällen dazu, dass die tatsächlich vergangene Zeit hinterher unterschätzt wird.

Genau umgekehrt verhält es sich bei hoher Routine, starkem Zeitdruck oder wenig Abwechslung im Alltag: Hier empfinden die meisten die Zeit als deutlich schneller vergehen. Auch häufige digitale Unterbrechungen (Handy, Social Media, Benachrichtigungen) tragen oft dazu bei, dass Zeitabschnitte kürzer erscheinen, als sie objektiv waren.

Besonders Menschen, die bereits Erfahrung mit virtuellen Umgebungen haben, zeigen teilweise eine veränderte Zeitwahrnehmung in solchen Settings. Aus diesem Grund wird die bisherige VR-Erfahrung der Teilnehmenden in der vorliegenden Studie als potenziell relevanter Faktor erhoben und berücksichtigt.

### 4.6.3 Aufmerksamkeit und Zeitwahrnehmung

Die Aufmerksamkeit spielt bei der Zeitwahrnehmung eine wichtige Rolle. Beispielsweise, wenn eine Person konzentriert eine Tätigkeit ausführt, richtet sich die Aufmerksamkeit nicht auf die Zeit, wodurch das Gefühl entsteht, dass die Zeit schneller vergeht (sogenannter Flow-Zustand).

## 4.7 Datenauswertung

### 4.7.1 Erhebung der Rohdaten

Um herauszufinden, wie die Teilnehmer die Zeit wahrgenommen haben, wurde bei jedem zwei Werte festgehalten: die subjektiv geschätzte Spieldauer sowie die objektiv gemessene tatsächliche Spieldauer.

Unmittelbar nach der Beendigung des jeweiligen Spiels wurde die geschätzte Zeit von den Teilnehmern angegeben und die tatsächliche Zeit wurde von der Versuchsleitung manuell mit Hilfe eines Timers (Stoppuhr) gemessen. An dieser Stelle müssen die Teilnehmer ihre geschätzte Zeit in Minuten und Sekunden eingeben. Es wurde bewusst für diese Frage kein Multiple-Choice-Format gewählt, um genauere Ergebnisse zu erhalten.

### 4.7.2 Begründung der Abweichung als Maß der Zeitwahrnehmung

Da das subjektive Zeitempfinden nicht unmittelbar messbar ist, wurde die Differenz zwischen ihrer Einschätzung und der objektiv gemessenen Aufgabendauer als Maß für die Genauigkeit der Zeitwahrnehmung herangezogen.

### 4.7.3 Berechnung der Zeitabweichung

Die Abweichung der Zeiteinschätzung wurde für jeden Teilnehmenden und jeden Messzeitpunkt gemäß Formel 2 berechnet.

$$\text{Abweichung (in Sekunden)} = \text{geschätzte Zeit} - \text{tatsächliche gemessene Zeit} \quad (2)$$

Die positiven Werte kennzeichnen eine Überschätzung der Spieldauer, während negative Werte eine Unterschätzung anzeigen. Eine Abweichung von null entspricht einer korrekten Zeiteinschätzung.

Zunächst wurde für jede Versuchsperson und jeden Durchgang die Abweichung der Zeitschätzung berechnet. Anschließend wurden diese Abweichungen pro Durchgang über alle Teilnehmenden gemittelt. Die resultierenden Mittelwerte wurden zur Erstellung des Diagramms verwendet.

### 4.7.4 Deskriptive Analyse der Zeiteinschätzung

Zur Analyse der Unterschiede zwischen den beiden Durchgängen wurden die individuellen Abweichungen je Durchgang über alle Teilnehmer gemittelt. Die auf diese Weise erhaltenen Mittelwerte dienen als Basis für die weitere statistische Auswertung sowie für die grafische und tabellarische Darstellung der Ergebnisse.

## 5. Auswertung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Untersuchungen dargestellt. Zunächst werden die Resultate der Vorfagen sowie die Stichprobe beschrieben. Anschließend wird die Ergebnisse der Fragebögen nach den beiden Durchgängen präsentiert und miteinander verglichen

### 5.1 Ergebnisse der Vorfrage 1 und Vorfrage 2

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Vorfrage 1 und der Vorfrage 2 dargestellt und miteinander verglichen.

#### 5.1.1 Stichprobenbeschreibung

Tabelle 3 gibt einen Überblick über personenbezogene Daten sowie über die VR-Vorerfahrung der Teilnehmer. Insgesamt nahmen 18 Studierende der HAW Hamburg an dieser Untersuchung teil. Das durchschnittliche Alter der Teilnehmenden betrug 25,3 Jahre alt (SD = 4,8).

Von den Teilnehmenden waren 12 männlich (66,7 %) und 6 weibliche (33,3 %). Darüber hinaus gaben 11 Personen (61,1 %) an, bereits über Vorerfahrung mit VR Brillen zu verfügen, während 7 Personen (38,9 %) keine entsprechende Erfahrung hatten.

**Tabelle 3:** Deskriptive Statistik der Stichprobe hinsichtlich Alter, Geschlecht und VR-Vorerfahrung

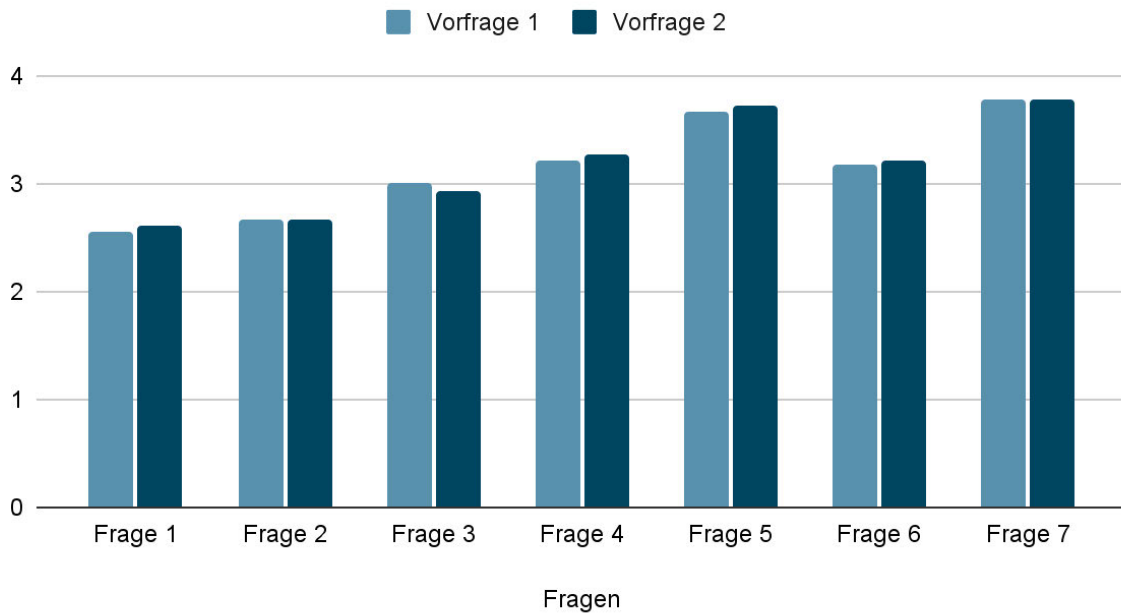
| Merkmal           | Ausprägung      | Anzahl    | %    |
|-------------------|-----------------|-----------|------|
| Alter (in Jahren) | Mittelwert(SD*) | 25,3(4,8) | –    |
| Geschlecht        | männlich        | 12        | 66,7 |
|                   | weiblich        | 6         | 33,3 |
| VR-Vorerfahrung   | ja              | 11        | 61,1 |
|                   | nein            | 7         | 38,9 |

## 5 Auswertung

### 5.1.2 Aktueller Zustand

Die Mittelwerte der sieben identischen Vorfragen, die von allen Teilnehmenden jeweils vor dem ersten Spiel (Vorfrage 1) und vor dem zweiten Spiel (Vorfrage 2) beantwortet wurden, sind in Abbildung 18 dargestellt.

#### Vergleich der Mittelwerte von Vorfrage 1 und Vorfrage 2



**Abbildung 18:** Mittelwerte der sieben Vorfragen für Vorfrage 1 und Vorfrage 2. Die Antworten erfolgten auf einer fünfstufigen Likert-Skala (1 = trifft gar nicht zu, 5 = trifft völlig zu).

Über alle sieben Vorfragen hinweg zeigen sich insgesamt nur geringe Unterschiede zwischen den beiden Durchgängen. Bei den Items zu Stress (Frage 1) und Aufmerksamkeit (Frage 4) liegen die Mittelwerte der Vorfrage 2 leicht über denen der Vorfrage 1. Auch bei Frage 6 (Gedanken bei anderen Dingen) verzeichnete die Vorfrage 2 einen etwas höheren Mittelwert.

Die Müdigkeit (Frage 3) war im ersten Durchgang etwas stärker ausgeprägt, während sich bei Zeitdruck und Motivation (Frage 2 und 7) nahezu identische Werte ergeben.

## 5.2 Fragebögen nach den Durchgänge

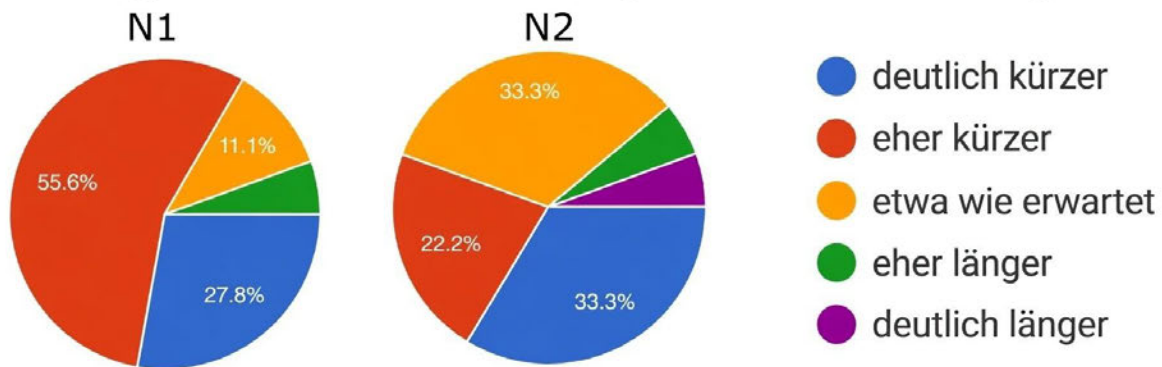
### 5.2.1 Subjektives Aufgabenerleben

Abbildung 19 zeigt die subjektive Einschätzung der Aufgabendauer des ersten Durchgangs im Vergleich zum zweiten Durchgang.

Im ersten Durchgang bewertete die deutliche Mehrheit der Teilnehmenden die Aufgabendauer als kürzer als erwartet. Über 80% gaben an, das Spiel sei deutlich kürzer oder eher kürzer gewesen als angenommen. 11% schätzten die Dauer als etwa wie erwartet ein, während nur 5,6% angaben, die Aufgabe sei eher länger gewesen.

Im zweiten Durchgang ist eine gleichmäßige Verteilung der Antworten zu erkennen. Jeweils 33% der Teilnehmenden bewerteten die Aufgabendauer als deutlich kürzer beziehungsweise als etwa wie erwartet. Der Anteil der Einschätzung „eher kürzer“ lag bei 22,2%, während längere Einschätzung weiterhin nur vereinzelt auftraten.

#### Im Vergleich zu meiner Erwartung erschien mir die Aufgabe



**Abbildung 19:** Subjektive Einschätzung der Aufgabendauer im Vergleich zur individuellen Erwartung für die beiden Durchgänge N1 und N2. Quelle: Eigene Darstellung.

Der Vergleich der beiden Durchgänge zeigt somit eine Verschiebung von einer überwiegend verkürzten Zeiteinschätzung hin zu einer differenzierteren Wahrnehmung der Aufgabendauer.

In der Abbildung 20 wurde das subjektive Empfinden von Zeitdruck während der Nutzung der VR-Brille für beide Durchgänge (N1 und N2) dargestellt.

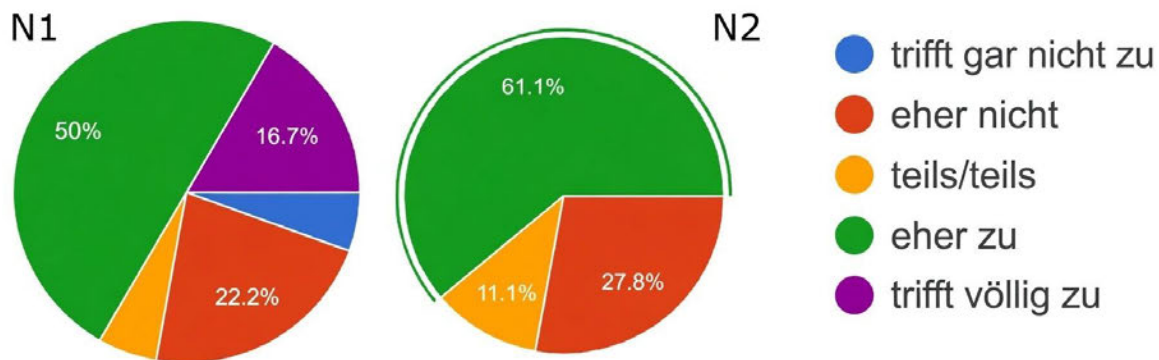
Im ersten Durchgang gaben 50% der Teilnehmer an, eher unter Zeitdruck gestanden zu haben. Weitere 22.2% wählten die Antwortoption eher nicht zu. 16.7% berichteten ein starkes Empfinden von Zeitdruck

## 5 Auswertung

(trifft völlig zu). Die Antwortoptionen “trifft gar nicht zu” und “teils/teils” wurden jeweils nur von einem kleinen Anteil der Teilnehmer gewählt.

Im zweiten Durchgang gibt es eine Verschiebung zu einem geringen subjektiven Zeitdruck. Die Mehrheit der Teilnehmer (61,6 %) gaben an, eher unter Zeitdruck gestanden zu haben, während 27,8 % der Aussage “trifft eher nicht zu” gewählt haben. 11,1 % der Teilnehmer haben sich für die mittlere Kategorie (teils/teils) entschieden. Die stärkere Ausprägung (trifft völlig zu) sowie trifft gar nicht zu wurden nicht mehr gewählt.

Während der Aufgabe hatte ich das Gefühl, unter Zeitdruck zu stehen.



**Abbildung 20:** Subjektives Empfinden von Zeitdruck während der VR Nutzung für die Durchgänge N1 und N2. Quelle: Eigene Darstellung.

Insgesamt zeigt der Vergleich der beiden Durchgänge eine Abnahme stark empfundener Erlebnisse der Zeitdruck sowie eine Konzentration der Antworten im mittleren Skalenbereich.

Die Abbildung 21 stellt die Ergebnisse zur nachlassenden Aufmerksamkeit in den Durchgängen N1 und N2 dar.

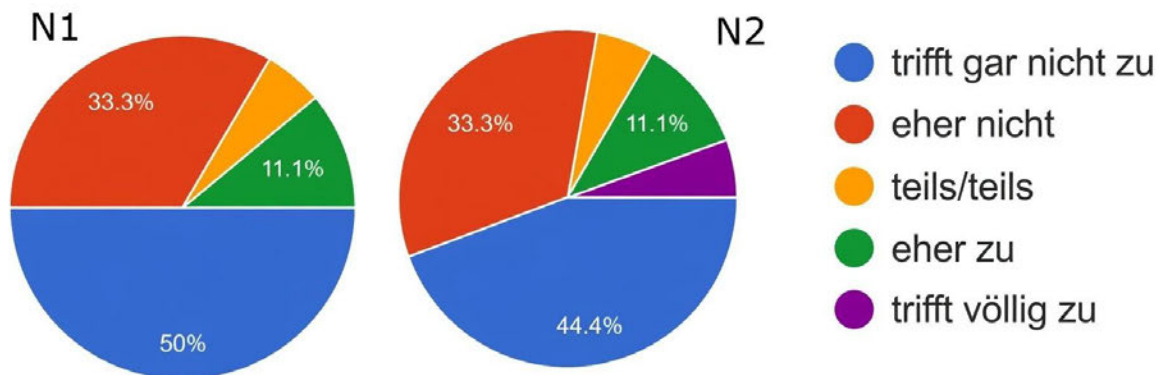
Im ersten Durchgang gaben 50% der Teilnehmer an, dass ihre Aufmerksamkeit gar nicht nachließ. Weitere 33,3% wählten die Antwortoption “eher nicht”. 11,1 % sind davon ausgegangen, dass ihre Aufmerksamkeit während der Aufgabe eher nachließ. Die Kategorie “teils/teils” und “trifft völlig zu” wurde jeweils nur von einem geringen Anteil der Teilnehmer gewählt.

Im zweiten Durchgang zeigt sich ein ähnliches Antwortmuster. 44,4 % der Teilnehmer gaben an, dass ihre Aufmerksamkeit gar nicht nachließ, während 33,3 % die Option “eher nicht” wählten. 11,1 % entschieden sich für eher zu und die übrigen Antwortkategorien wurden nur vereinzelt gewählt.

## 5 Auswertung

Durch den Vergleich der beiden Durchgänge stellt man ein ähnliches Antwortmuster fest, bei dem ablehnende Einschätzungen zur Aussage eines zeitweisen Nachlassens der Aufmerksamkeit überwiegen. Die Unterschiede zwischen den Durchgängen fallen gering aus.

Während der Aufgabe ließ meine Aufmerksamkeit zeitweise nach.



**Abbildung 21:** Subjektive Einschätzung nachlassender Aufmerksamkeit in N1 und N2.  
Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 22 zeigt die Ergebnisse zum Aufgehen in der Aufgabe und zum Verlust des Zeitgefühls für die Durchgänge N1 und N2.

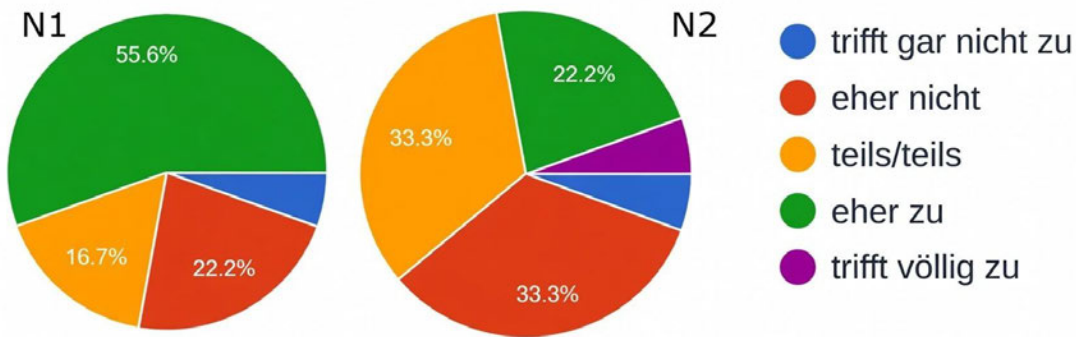
Im ersten Durchgang stimmte die Mehrheit der Teilnehmer der Aussagen zu, in der Aufgabe aufgegangen zu sein und dabei das Zeitgefühl verloren zu haben. Weiterer 16,7 % wählten die mittlere Kategorie (teils/teils) und 22,2 % "eher nicht".

Hingegen haben 33,3% der Teilnehmer im zweiten Durchgang jeweils die Kategorie "eher nicht" und "teils/teils" gewählt. 22,2 % haben sich für die Aussage "eher zu" entschieden und die Antwortoptionen "trifft gar nicht zu" sowie "trifft völlig zu" wurde nur von wenigen Teilnehmern gewählt.

Der Vergleich der beiden Durchgänge weist somit auf eine Abnahme klar zustimmender Einschätzung und eine stärkere Steuerung der Antworten hin.

## 5 Auswertung

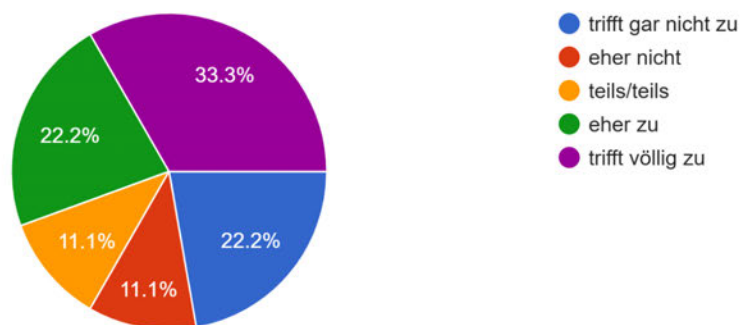
Ich ging in der Aufgabe auf und verlor dabei das Zeitgefühl.



**Abbildung 22:** Subjektive Einschätzung des Aufgehens in der Aufgabe (N1 vs. N2). Quelle: Eigene Darstellung.

Die Auswertung der zusätzlichen Frage zur subjektiven Dauerwahrnehmung zeigt keine einheitliche Verteilung der Antworten. Rund 33,3 % der Teilnehmenden stimmten der Aussage vollständig zu ("trifft völlig zu"), während weitere 22,2 % eher zustimmten. 22,2 % gaben an, dass die Aussage nicht zutreffe, 11 % wählten die Kategorie "eher nicht" und 11,1 % entschieden sich für die mittlere Kategorie ("teils/teils").

Das zweite Spiel fühlte sich kürzer an als das erste.  
18 responses



**Abbildung 23:** Subjektive Einschätzung der relativen Aufgabendauer (zweites vs. erstes Spiel). Quelle: Eigene Darstellung

Es lässt sich keine einheitliche Einschätzung, sondern eine Verteilung über mehrere Antwortkategorien hinweg.

## 5 Auswertung

### 5.2.2 IPQ-Items

Tabelle 4 zeigt die Mittelwerte der drei IPQ-Subskalen getrennt nach dem ersten und zweiten Durchgang. Für die Subskala “Räumliche Präsenz” zeigt sich ein höherer Mittelwert im ersten Durchgang ( $M = 3.84$ ) im Vergleich zum zweiten Durchgang ( $M = 3.47$ ).

Das Involvement weist im zweiten Durchgang einen leicht höheren Mittelwert ( $M = 3.29$ ) auf als im ersten Durchgang ( $M = 3.02$ ).

Für den “Erlebter Realismus” ist auch im zweiten Durchgang ein geringfügig höhere Mittelwert ( $M = 2.51$ ) im Vergleich zum ersten Durchgang ( $M = 2.44$ ).

**Tabelle 4:** Vergleich der Mittelwerte der IPQ-Subskalen zwischen dem ersten und zweiten Durchgang.

| Subskala           | Mittelwert 1. Durchgang | Mittelwert 2. Durchgang |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| Räumliche Präsenz  | 3.84                    | 3.47                    |
| Involvement        | 3.02                    | 3.29                    |
| Erlebter Realismus | 2.44                    | 2.51                    |

### 5.2.3 SSQ-Score

Die individuellen SSQ-Gesamtscore für beide Durchgänge wurde in der Tabelle 5 dargestellt. Insgesamt variieren die Werte zwischen den Teilnehmenden deutlich. Während einige Personen in beiden Durchgängen sehr geringe Werte aufweisen, zeigen einzelne Teilnehmende im zweiten Durchgang erhöhte SSQ-Werte. Ein systematische Zunahme oder Abnahme über alle Teilnehmenden hinweg ist jedoch nicht eindeutig erkennbar.

**Tabelle 5:** Individuelle SSQ-Scores für den ersten (N1) und zweiten Durchgang (N2).

| ID | SSQ N1 (ungewichteter Score) | SSQ N2 (ungewichteter Score) |
|----|------------------------------|------------------------------|
| S1 | 26.18(7)                     | 44.88(12)                    |
| S2 | 18.7(5)                      | 18.7(5)                      |
| S3 | 26.18 (7)                    | 14.96(4)                     |
| S4 | 7.48(2)                      | 11.22(3)                     |

## 5 Auswertung

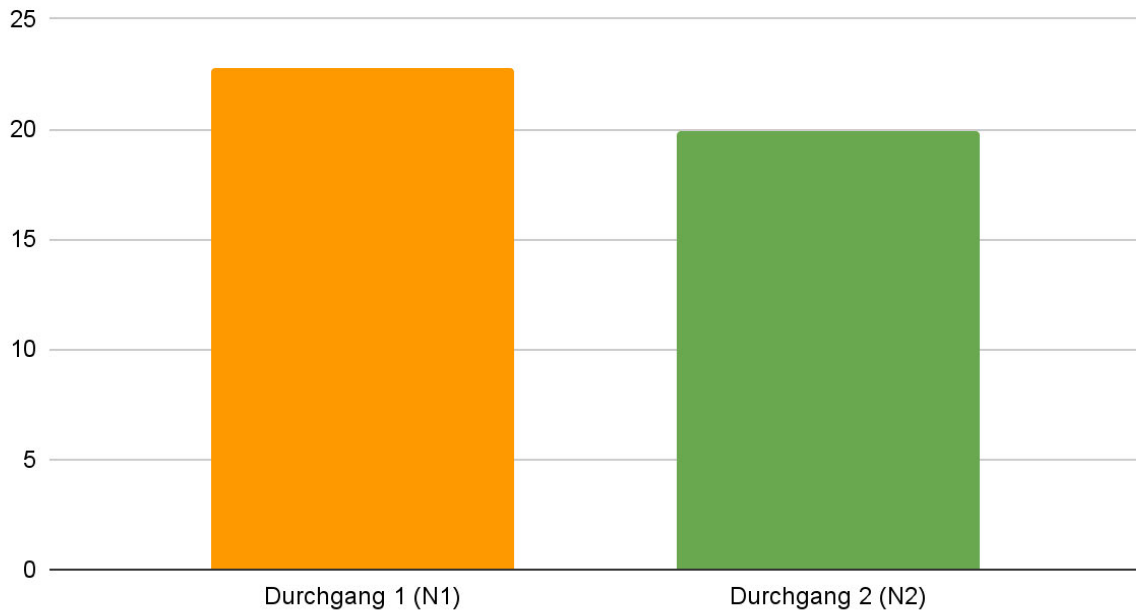
|    |           |           |
|----|-----------|-----------|
| S5 | 11.22(3)  | 11.22(3)  |
| S6 | 0(0)      | 0(0)      |
| S7 | 11.22(3)  | 41.14(11) |
| S8 | 18.7(5)   | 18.7(5)   |
| S9 | 48.62(13) | 97.24(26) |
| W1 | 11.22(3)  | 0(0)      |
| W2 | 33.66(9)  | 59.84(16) |
| W3 | 3.74(1)   | 14.96 (4) |
| W4 | 14.96(4)  | 7.48(2)   |
| W5 | 14.96(4)  | 0(0)      |
| W6 | 14.96(4)  | 0(0)      |
| W7 | 22.44(6)  | 11.22(3)  |
| W8 | 71.06(19) | 18.7(5)   |
| W9 | 18.7(5)   | 0(0)      |

Die in Klammern angegebenen Werte entsprechen der ungewichteten Rohsumme der SSQ-Items, auf deren Basis der gewichtete SSQ-Gesamtscore berechnet wurde.

Abbildung 24 stellt den Mittelwert der gewichteten SSQ-Score für die beiden Durchgänge (N1 und N2) dar. Im ersten Durchgang (N1) lag der mittlere SSQ-Gesamtscore bei 22,78 (SD =5,29), während im zweiten Durchgang (N2) ein geringerer Mittelwert von 19,94 (SD = 31,73) ermittelt wurde. Damit zeigt sich über alle Teilnehmenden hinweg eine niedrigere Ausprägung von Simulator Sickness im zweiten Durchgang, bei gleichzeitig deutlich größerer Steuerung der Werte.

## 5 Auswertung

### Mittelwert des gewichteten SSQ-Gesamtscores



**Abbildung 24:** Mittelwert der gewichteten SSQ-Gesamtscores für den ersten (N1) und zweiten Durchgang (N2). Quelle: Eigene Darstellung

### 5.3 Zeiteinschätzung

Zur Analyse der Genauigkeit der subjektiven Zeiteinschätzung wurde die mittlere Abweichung zwischen der geschätzten und der tatsächlich gemessenen Aufgabendauer berechnet.

Die Tabelle 6 stellt die individuellen Zeiteinschätzungen der Teilnehmenden, die tatsächliche gemessene Aufgabendauer sowie die daraus resultierende Abweichung in Sekunden für Durchgang 1 dar.

Positive Werte bei der Abweichung kennzeichnen eine Überschätzung der Aufgabendauer und die negativen Werte eine Unterschätzung.

**Tabelle 6:** Individuelle Zeiteinschätzung, tatsächliche Aufgabendauer und Abweichung (in Sekunden) für Durchgang 1.

| Teilnehmer ID | Geschätzt     | gespielt     | Abweichung |
|---------------|---------------|--------------|------------|
| S1            | 02:00 = 120 s | 01:02 = 62 s | +58 s      |
| S2            | 03:30 = 210 s | 01:02 = 62 s | +148 s     |

## 5 Auswertung

|    |               |               |        |
|----|---------------|---------------|--------|
| S3 | 01:05 = 65 s  | 01:11 = 71 s  | -6 s   |
| S4 | 03:30 = 210 s | 01:12 = 72 s  | +138 s |
| S5 | 01:20 = 80 s  | 01:07 = 67    | +13 s  |
| S6 | 01:10 = 70 s  | 01:04 = 64 s  | +6 s   |
| S7 | 02:30 = 150 s | 01:24 = 84 s  | +66 s  |
| S8 | 02:05 = 125 s | 01:19 = 79 s  | +46 s  |
| S9 | 02:34 = 154 s | 01:29 = 89 s  | +65 s  |
| W1 | 06:00 = 360 s | 02:54 = 174 s | +186 s |
| W2 | 03:00 = 180 s | 03:16 = 196 s | -16 s  |
| W3 | 01:05 = 65 s  | 01:07 = 67 s  | -2 s   |
| W4 | 03:30 = 210 s | 01:46 = 196 s | +104 s |
| W5 | 02:00 = 120 s | 01:35 = 95 s  | +25 s  |
| W6 | 01:30 = 90 s  | 01:42 = 102 s | -12 s  |
| W7 | 02:00 = 120 s | 01:26 = 86 s  | +34 s  |
| W8 | 01:00 = 60 s  | 01:13 = 73 s  | -13 s  |
| W9 | 01:45 = 105 s | 01:13 = 73 s  | +32 s  |

Tabelle 7 stellt die individuelle Zeiteinschätzung der Teilnehmer, die tatsächliche gemessene Aufgabendauer sowie die daraus resultierende Abweichung in Sekunden für Durchgang 2 dar. Die Darstellung entspricht derjenigen des ersten Durchgangs.

## 5 Auswertung

**Tabelle 7:** Individuelle Zeiteinschätzung, tatsächliche Aufgabendauer und Abweichung (in Sekunden) für Durchgang 2.

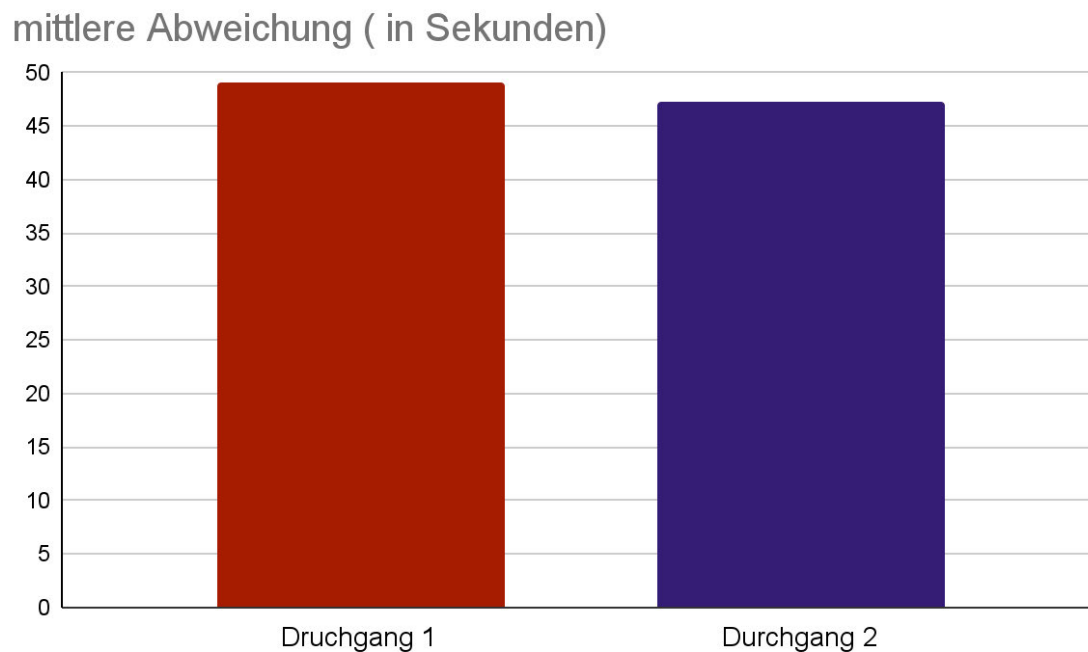
| Teilnehmer ID | Geschätzt     | gespielt      | Abweichung |
|---------------|---------------|---------------|------------|
| S1            | 03:00 = 180 s | 01:38 = 98 s  | +82 s      |
| S2            | 02:50 = 170 s | 02:10 = 130 s | +40 s      |
| S3            | 01:07 = 67 s  | 01:30 = 90 s  | -23 s      |
| S4            | 05:40 = 340 s | 01:56 = 116 s | +224 s     |
| S5            | 02:00 = 120 s | 01:07 = 67 s  | +53 s      |
| S6            | 01:00 = 60 s  | 00:49 = 49 s  | +11 s      |
| S7            | 02:00 = 120 s | 01:26 = 86 s  | +34 s      |
| S8            | 03:03 = 183 s | 01:30 = 90 s  | +93 s      |
| S9            | 02:41 = 161 s | 01:02 = 62 s  | +99 s      |
| W1            | 01:20 = 80 s  | 01:20 = 80 s  | 0 s        |
| W2            | 01:50 = 110 s | 01:13 = 73 s  | +37 s      |
| W3            | 02:30 = 150 s | 01:16 = 76 s  | +74 s      |
| W4            | 02:10 = 130 s | 01:08 = 68 s  | +62 s      |
| W5            | 01:30 = 90 s  | 01:12 = 72 s  | +18 s      |
| W6            | 01:05 = 65 s  | 01:05 = 65 s  | 0 s        |
| W7            | 01:20 = 80 s  | 01:17 = 77 s  | +3 s       |
| W8            | 01:35 = 95 s  | 01:15 = 75 s  | +20 s      |
| W9            | 01:10 = 70 s  | 00:47 = 47 s  | +23 s      |

## 5 Auswertung

Zwei Teilnehmer haben im zweiten Durchgang eine Abweichung von 0 Sekunden zwischen geschätzter und tatsächlich gemessener Aufgabendauer.

Auf Grundlage der Tabellen 6 und 7 kann man feststellen, dass sechs von achtzehn Teilnehmer eine sehr geringe Abweichung zwischen geschätzter und tatsächlich gemessener Aufgabendauer aufweisen, wobei die Abweichungen im Bereich von -6 bis +6 Sekunden lagen.

Auf Basis der in Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellten individuellen Abweichung wurden die mittleren Abweichungen je Durchgang berechnet und in Abbildung 25 grafisch dargestellt.



**Abbildung 25:** Mittlere Abweichung zwischen geschätzter und tatsächlicher Aufgabendauer (in Sekunden) für Durchgang 1 und Durchgang 2. (Quelle: Eigene Darstellung).

Im ersten Durchgang betrug die mittlere Abweichung 49,16 Sekunden, im zweiten Durchgang 47,22 Sekunden.

Somit zeigt der Vergleich der beiden Durchgänge etwas geringe mittlere Abweichung im zweiten Durchgang. Die subjektive Zeiteinschätzung lag dort im Durchschnitt näher an den tatsächlich gemessenen Dauern als im ersten Durchgang.

Eine geringere mittlere Abweichung weist auf eine genauere subjektive Zeiteinschätzung.

## 6. Diskussion

### 6.1 Interpretation der Ergebnisse

#### 6.1.1 Stichprobenbeschreibung

Bei der Interpretation der Ergebnisse sind die persönlichen Angaben der Teilnehmer zu berücksichtigen. Das geringe Durchschnittsalter der Teilnehmer (25,3 Jahren) deutet auf eine kognitiv leistungsstarke Gruppe hin. Es ist anzunehmen, dass die Zeiteinschätzung über die Durchgänge hinweg relativ konstant bleibt.

Hinsichtlich der Geschlechterverteilung zeigt sich ein deutlicher Überhang männlicher Teilnehmer (66,7 %). Ein Großteil der Teilnehmer verfügte bereits über Vorerfahrung mit VR-Anwendung. Diese Merkmale dürften als stabilisierende Variablen auf die Zeiteinschätzung gewirkt haben, limitieren jedoch gleichzeitig die Verallgemeinerbarkeit der Daten. Eine Übertragung auf andere Altersgruppen oder gleiche Geschlechtergruppen sollte daher nur unter Vorbehalt geschehen.

#### 6.1.2 Vorfragen: Aktueller Zustand

Durch die Auswertung der Vorfragen lässt sich verstellen, dass der subjektive Zustand der Teilnehmenden zwischen den beiden Durchgängen weitgehend stabil blieb. Obwohl bei einzelnen Items leichte Verschiebung der Mittelwerte auftrat, ließ sich ein einheitlicher Trend in eine bestimmte Richtung jedoch nicht feststellen. Damit sprechen die Ergebnisse nicht für eine grundlegende Veränderung des subjektiven Befindens zwischen den beiden Durchgängen.

Da die Vorfragen zu unterschiedlichen Zeitpunkten erhoben wurden, können die beobachteten Abweichungen nicht als unmittelbare Verlaufseffekte innerhalb einer gleichgebliebenen Untersuchungssituation interpretiert werden. Stattdessen ist davon auszugehen, dass situative Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel der zeitliche Abstand zu einer Vorlesung, vorangegangene Lernphasen oder auch individuelle Tagesverfassung das subjektive Befinden der Teilnehmer beeinflusst haben.

Trotz punktueller Abweichung bei einzelnen Items blieb der subjektive Zustand der Teilnehmer im Kern stabil. Die insgesamt gleichmäßigen Werte deuten darauf hin, dass sich zwischen den beiden Durchgängen keine ausgeprägten Unterschiede im subjektiven Befinden zeigten.

### 6.1.3 Subjektives Aufgabenerleben

Die Auswertung der Items zum subjektiven Aufgabenerleben während der VR-Nutzung belegte, dass sich das subjektive Erleben der Aufgabe zwischen den beiden Durchgängen zwar in einzelnen Aspekten leicht unterschied, insgesamt jedoch kein deutlicher Wandel im Präsenz- oder Aufmerksamkeitserleben feststellen ist.

Die Einschätzung der Aufgabendauer erfolgte relativ zu subjektiven Erwartungen der Teilnehmenden. Im ersten Durchgang gab ein Großteil der Teilnehmenden an, dass sich die Aufgabendauer kürzer als erwartet angefühlt habe. Im zweiten Durchgang zeigte sich hingegen eine gleichmäßigere Verteilung der Einschätzungen, was darauf hindeutet, dass die subjektiven Erwartungen im Vergleich zum ersten Durchgang weniger einheitlich ausfielen.

Die Unterschiede zwischen erwarteter und wahrgenommener Aufgabendauer können im Zusammenhang mit situativen Faktoren stehen, etwa dem zeitlichen Kontext der Untersuchung oder anstehenden Verpflichtungen. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die beiden Durchgänge unterschiedliche Spiele mit jeweils eigenem Aufbau und eigener Aufgabenstruktur umfassten. Unterschiede in der Einschätzung der Aufgabendauer lassen sich daher nicht eindeutig als Wiederholungs- und Gewöhnungseffekt interpretieren, sondern sind im Zusammenspiel mehrerer kontextueller Einflüsse zu betrachten.

Hinsichtlich des subjektiv empfundenen Zeitdrucks ergaben sich Unterschiede zwischen den Durchgängen, die jedoch nicht auf eine systematische Verschlechterung oder Verbesserung des Erlebens hinweisen. Während im ersten Durchgang noch häufiger ein stärkeres Gefühl von Zeitdruck berichtet wurde, verschoben sich die Antworten im zweiten Durchgang auf moderate Ausprägungen. Diese Veränderung ist plausibel vor dem Hintergrund unterschiedlicher situativer Rahmenbedingungen, etwa des zeitlichen Abstands zu Vorlesungen oder anderen Verpflichtungen<sup>2</sup> und lässt sich nicht eindeutig auf die VR-Erfahrung selbst zurückführen.

Auch die Angaben zur Aufmerksamkeit sowie zum Aufgehen in der Aufgabe haben über beide Durchgänge hinweg ein stabiles, jedoch nicht identisches Muster. In beiden Durchgängen überwogen ablehnende Einschätzungen zur Aussage eines zeitweisen Nachlassens der Aufmerksamkeit, wobei die Unterschiede zwischen den Durchgängen insgesamt ausfielen.

---

<sup>2</sup> Mit "anderen Verpflichtungen" sind ganz allgemein weitere Aufgaben oder Termine gemeint, die außerhalb der Untersuchung liegen.

## 6 Diskussion

Beim Item zum Aufgehen in der Aufgabe und dem damit verbundenen Verlust des Zeitgefühls wurde hingegen ein deutlicher Unterschied zwischen den Durchgängen festgestellt. Eine Mehrheit der Teilnehmer gab im ersten Durchgang an, eher in der Aufgabe aufgefangen zu sein und das Zeitgefühl verloren zu haben. Im zweiten Durchgang verteilten sich die Antworten stärker über mehrere Kategorien. Zustimmende Einschätzungen<sup>3</sup> treten seltener auf, während mittlere und ablehnende Antworten häufiger gewählt wurden. Das deutet darauf hin, dass das intensive Erleben der Aufgabe im zweiten Durchgang weniger eindeutig ausgeprägt war.

Auch hier ist zu berücksichtigen, dass die beiden Durchgänge unter unterschiedlichen situativen Rahmenbedingungen stattfanden und jeweils verschiedene Spiele mit eigenem Aufbau und eigener Aufgabenstruktur zum Einsatz kamen. Ein Großteil der Teilnehmenden absolvierte den ersten Durchgang kurz vor einer Vorlesung oder unter zeitlichen Restriktionen, was das subjektive Zeitgefühl beeinflussen haben könnte. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass die beiden Durchgänge zu unterschiedlichen Zeitpunkten und mit unterschiedlichen Spielen durchgeführt wurden. Unterschiede im Aufbau des Spiels oder im Interaktionsdesign können das subjektive Erleben des Aufgehens in der Aufgabe beeinflusst haben, ohne dass daraus auf einen reinen Gewöhnungseffekt geschlossen werden kann.

Die Ergebnisse legen somit nahe, dass Aufmerksamkeit und Zeitgefühl zwar miteinander in Beziehung stehen, jedoch nicht zwangsläufig parallel verlaufen. Die Aufmerksamkeit blieb über beide Durchgänge hinweg überwiegend stabil, wohingegen das subjektive Erleben des Zeitgefühls stärker variierte. Dies spricht dafür, dass das Gefühl des Aufgehens in einer Aufgabe stärker von situativen Rahmenbedingungen beeinflusst sein könnte als die wahrgenommene Aufmerksamkeit.

### 6.1.3.1 Zusätzliche Vergleichsfrage

Die Auswertung der Vergleichsfrage lieferte ein geteiltes Bild. Zwar empfand etwas mehr als die Hälfte der Befragten den zweiten Durchgang als kürzer, doch die übrigen Rückmeldungen fielen neutral oder widersprüchlich aus. Ein eindeutiger Gewöhnungseffekt, bei dem die zunehmende Vertrautheit mit der VR-Umgebung automatisch zu einer verkürzten Zeitempfindung führt, lässt sich daraus nicht ableiten.

### 6.1.4 IPQ

Die Ergebnisse des Igroup Presence Questionnaire (IPQ) deuteten insgesamt auf ein stabiles Präsenzerleben über beide Durchgänge hinweg.

---

<sup>3</sup> Der Ausdruck "zustimmende Einschätzungen" ist ein Sammelbegriff für die Antwortoptionen "eher zu" und "trifft völlig zu".

## 6 Diskussion

Bei der Subskala "Räumliche Präsenz" lag der Mittelwert im ersten Durchgang etwas höher als im zweiten. Dies könnte ziemlich stark darauf hindeuten, dass die Teilnehmenden beim ersten Durchgang ein intensiveres Gefühl hatten, tatsächlich in der virtuellen Umgebung zu sein.

Ein umliegendes Erklärungssatz wäre, dass insbesondere bei einem Teil der Teilnehmenden ohne VR-Vorerfahrung (7 von 18 hatten gar keine) ein erstmaliger oder weniger routinierter Kontakt mit der virtuellen Umgebung ein intensiveres räumliches Erleben förderte. Da der Einfluss der VR-Vorerfahrung im Rahmen dieser Untersuchung jedoch nicht systematisch kontrolliert wurde, lässt sich dieser Zusammenhang nicht eindeutig nachweisen.

Für die Subskalen Involvement und Erlebter Realismus ergaben sich im zweiten Durchgang leicht erhöhte Mittelwert, die insgesamt gering ausfallen. Eine grundlegende Veränderung des durch den IPQ erfassten Präsenzerlebens lässt sich daraus nicht ableiten.

### 6.1.5 Mittelwerte der SSQ-Gesamtscores pro Durchgang

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die wahrgenommene Simulator Sickness im zweiten Durchgang geringer ausfiel als im ersten Durchgang. Ein plausibler Erklärungsansatz hierfür ist ein Habituationseffekt (Gewöhnung) an die virtuelle Umgebung beziehungsweise an die Anforderungen der Spiele.

Während im ersten Durchgang eine vergleichsweise geringe Standardabweichung ( $SD = 5,29$ ) vorlag, wies der zweite Durchgang eine deutlich höhere Streuung ( $SD = 31,73$ ). Dies deutet auf erhebliche interindividuelle Unterschiede im Auftreten von Simulator Sickness im zweiten Durchgang hin.

Insbesondere einzelne hohe SSQ-Werte könnten die Streuung und damit die Aussagekraft des Mittelwerts beeinflusst haben. Vor diesem Hintergrund sollte der beobachtete Unterschied zwischen den Durchgängen vorsichtig interpretiert werden.

Da keine inferenzstatistischen Tests durchgeführt wurden, können aus den beobachteten Mittelwertsunterschieden jedoch keine gesicherten Aussagen zur statistischen Signifikanz abgeleitet werden.

### 6.1.6 Zeiteinschätzung

Entgegen der Vermutung, dass eine hohe mentale Beanspruchung die Zeiteinschätzung negativ beeinflusst, zeigten die Ergebnisse zur mittleren Abweichung der Zeiteinschätzung im zweiten Durchgang keine Verschlechterung in der Genauigkeit. Obwohl die Teilnehmer durch vorangegangene Vorlesungen oder eine längere Lernphase (z.B. in der Bibliothek) vermutlich einer höheren kognitiven Belastung ausgesetzt waren, liegt die durchschnittliche Abweichung etwas niedriger als im ersten Durchgang.

## 6 Diskussion

Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass eine vorherige mentale Beanspruchung unter den gegebenen Bedingungen nicht zwangsläufig zu einer schlechteren Zeiteinschätzung führt.

Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den Probanden primär um Studierende handelte, die an hohe kognitive Belastung gewöhnt sind und möglicherweise über spezifische Kompensationsstrategien verfügen.

Ein Großteil der Teilnehmer absolvierten ihren ersten Durchgang kurz vor einer Vorlesung und befanden sich möglicherweise unter situativem Zeitdruck, die Veranstaltung rechtzeitig zu erreichen. Dies spiegelt sich auch in den Angaben zum subjektiv empfundenen Zeitdruck wider. 38,9 % der Teilnehmer gaben an, sich eher beeilen zu müssen, während weitere 5,6 % die mittlere Kategorie (teils/teils) wählten. Der Zeitdruck könnte die Wahrnehmung im ersten Durchgang beeinflusst haben. Die Ergebnisse liefern keinen Hinweis darauf, dass die situativen Anforderungen beider Durchgänge die Genauigkeit der Zeiteinschätzung negativ beeinflusst haben.

Ein weiterer Punkt ist die geringe Stichprobengröße: Mit 18 Teilnehmer liegt die Untersuchung unter dem Umfang vieler vergleichbarer empirischer Studien.

Aufgrund der geringen Stichprobengröße ( $n = 18$ ) lassen sich aus diesen Befunden nur eingeschränkt allgemeingültige Aussagen ableiten. Die Ergebnisse sind als erste Hinweise auf mögliche komplexe Wechselwirkungen zwischen situativen Rahmenbedingungen und der Genauigkeit der subjektiven Zeiteinschätzung zu werten. Eine Überprüfung dieser Befunde in Folgestudien mit größeren Stichproben erscheint sinnvoll.

Neben der insgesamt geringen mittleren Abweichung im zweiten Durchgang wurde festgestellt, dass bei zwei der 18 Teilnehmenden die subjektive Zeiteinschätzung exakt der tatsächlich gemessenen Zeit entspricht.

Da die Uhrzeit vor dem Durchgang erfasst wurde, bestand für die Teilnehmenden grundsätzlich die Möglichkeit, nach Abschluss der Aufgabe auf die Uhrzeit zu achten, was die Einschätzung der Aufgabendauer beeinflusst haben könnte.

Die tatsächliche Aufgabendauer wurde mithilfe eines externen Smartphone-Timers erfasst. Dabei ist nicht auszuschließen, dass beim manuellen Starten und Stoppen des Timers kleine zeitliche Abweichungen aufgetreten sind. Diese möglichen Abweichungen sind im Verhältnis zur gesamten Aufgabendauer zwar gering, sollten bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

### 6.2 Implikation für die zukünftige Forschung

Für zukünftige Untersuchungen ergeben sich mehrere Ansatzpunkte zur methodische Optimierung:

Erstens könnte die Auswahl unterschiedlicher Spielarten in Betracht gezogen werden. Individuelle Präferenzen gegenüber bestimmten Spielgenres oder Aufgabenformaten könnten das Involvement, das Präsenzerleben und damit möglicherweise nach subjektiver Zeiteinschätzung beeinflussen. Eine Variation oder freie Auswahl von Spielarten könnte diesen Einfluss differenzierter untersuchen

Zweitens wäre es methodisch sinnvoll, die Zeitmessung direkt in die virtuelle Umgebung zu integrieren. Beispielsweise könnten die Teilnehmenden den Durchgang durch einen Tastendruck oder eine Interaktion im virtuellen Raum selbst starten und beenden. Dadurch ließen sich potenzielle Messgenauigkeit durch externe Timer reduzieren.

Drittens ergab sich eine methodische Einschränkung durch die technischen Rahmenbedingungen der VR-Anwendung. Für einen stabilen Betrieb der VR-Brille war eine leistungsfähige Internetverbindung erforderlich. Die Datenerhebung konnte daher ausschließlich in den Räumlichkeiten der Hochschule durchgeführt werden. Zukünftige Untersuchungen könnten von einer stabilen oder ortsunabhängigen technischen Infrastruktur profitieren, um flexiblere und kontrollierte Versuchsbedingungen zu ermöglichen.

Schließlich sollte in zukünftigen Untersuchungen stärker auf individuelle Besonderheiten wie Farbschwächen geachtet werden. In der vorliegenden Studie äußerte sich ein Teilnehmende während der Untersuchung, an einer Farbschwäche zu leiden. Da dieser Faktor nicht vorab erhoben oder kontrolliert wurde, kann ein möglicher Einfluss auf die Leistung nicht ausgeschlossen werden

# 7. Schlussbetrachtung

Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit war es, den Einfluss der Tageszeit auf die Genauigkeit der subjektiven Zeiteinschätzung innerhalb der Virtual-Reality-Umgebung zu analysieren.

Die Ergebnisse zeigen, dass die mittlere Abweichung im zweiten Durchgang mit 47,22 Sekunden geringfügig niedriger ausfiel als im ersten Durchgang (49,16 Sekunden).

Somit lag die subjektive Zeiteinschätzung im zweiten Durchgang im Durchschnitt näher an der tatsächlichen gemessenen Aufgabendauer.

Insgesamt lassen die Ergebnisse keinen deutlichen Einfluss der Tageszeit auf die Genauigkeit der subjektiven Zeiteinschätzung erkennen. Trotz einer potenziell höheren mentalen Beanspruchung im zweiten Durchgang zeigte sich keine Verschlechterung in der Genauigkeit der Zeiteinschätzung. Vielmehr fiel die mittlere Abweichung im zweiten Durchgang geringfügig niedriger aus, was auf eine leicht verbesserte Genauigkeit hindeutet.

Für die VR-Forschung liefert die Arbeit damit einen ersten explorativen Beitrag zur Betrachtung situativer Rahmenbedingungen. Während bisherige Studien vor allem Variablen wie Immersion, Interaktion, Embodiment, Umweltgestaltung oder sensorische Reize untersuchten, wurde die Tageszeit als möglicher Einflussfaktor bislang kaum berücksichtigt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung deuten darauf hin, dass immersive Virtual-Reality-Umgebung tageszeitliche Schwankungen der Aufmerksamkeit möglicherweise überlagern oder zumindest nicht in dem erwarteten Maße beeinflussen. Dies könnte darauf hindeuten, dass das immersive Erleben und die Fokussierung auf die Aufgabenstellung innerhalb der VR-Anwendung eine stabilisierte Wirkung auf die subjektive Zeiteinschätzung entfalten.

Gleichzeitig sind die Befunde unter Berücksichtigung der methodischen Rahmenbedingungen zu interpretieren. Die vergleichsweise geringe Stichprobengröße sowie die spezifische Zusammensetzung der Teilnehmergruppe (Studierende der Hochschule Hamburg) schränken die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ein. Darüber hinaus wurden keine inferenzstatistischen Signifikanztests durchgeführt, sodass die beobachteten Unterschiede beschreibend zu bewerten sind. Die festgestellten Differenzen zwischen den Durchgängen fallen insgesamt gering aus und erlauben keine weitreichenden Schlussfolgerungen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die vorliegende Arbeit erste Hinweise darauf liefert, dass die Genauigkeit subjektiver Zeiteinschätzung in immersiven Virtual-Reality-Anwendungen weniger stark von der Tageszeit beeinflusst wird als zunächst angenommen. Die Untersuchung trägt damit zur Erweiterung

## 7 Schlussbetrachtung

der Forschungsperspektive auf kontextuelle Einflussfaktoren in VR bei und bietet Ansatzpunkte für weiterführende Studien, die mit größeren Stichproben, kontrollierten Rahmenbedingungen und inferenzstatistischen Analysen eine vertiefte Prüfung dieser Zusammenhänge ermöglichen.

## 8. Literaturverzeichnis

*Bilder online zusammenfügen – Kostenloses Tool.* (o. D.). Abgerufen am 1. Februar 2026, von <https://merge.imageonline.co/de/>

iGroup-Projekts. (o. D.). *IGROUP PRESENCE QUESTIONNAIRE (IPQ)*. Igroup. Abgerufen am 16. Dezember 2025, von <https://www.igroup.org/pq/ipq/download.php>

*The Igroup Presence Questionnaire.* (o. D.). igroup.org. Abgerufen am 16. Dezember 2025, von <https://www.igroup.org/pq/ipq/index.php>

Unruh, F., Vogel, D., Landeck, M., Lugrin, J. & Latoschik, M. E. (2023). Body and Time: Virtual Embodiment and its Effect on Time Perception. *IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics*, 29(5), S. 2626–2636. <https://doi.org/10.1109/tvcg.2023.3247040>

Micillo, L., Pazzaglia, F. & Mioni, G. (2023). Benefits of exposure to natural environments on time perception in an Immersive Virtual Reality Environment. *Gesellschaft für Informatik (GI)*. <https://doi.org/10.18420/muc2023-mci-ws05-432>

Picard, S. & Botev, J. (2022). Rhythmic stimuli effects on subjective time perception in immersive virtual environments. *Association for Computing Machinery*, S. 5–11. <https://doi.org/10.1145/3534086.3534330>

Mullen, G. & Davidenko, N. (2021). Time compression in virtual reality. *Timing & Time Perception*, 9(4), 377–392. <https://doi.org/10.1163/22134468-bja10034>

Niknam, S., Picard, S., Rondinelli, V. & Botev, J. (2024). Some Times Fly: The Effects of Engagement and Environmental Dynamics on Time Perception in Virtual Reality. *Association for Computing Machinery*, S. 1–9. <https://doi.org/10.1145/3641825.3687726>

## 8 Literaturverzeichnis

- Obremski, D., Friedrich, P. & Wienrich, C. (2025). Please Let Me Think: The Influence of Conversational Fillers on Transparency and Perception of Waiting Time when Interacting with a Conversational AI in Virtual Reality. Association for Computing Machinery, S. 496–505. <https://doi.org/10.1145/3716553.3750792>
- Normand, E., Pacchierotti, C., Marchand, E. & Marchal, M. (2024). How Different Is the Perception of Vibrotactile Texture Roughness in Augmented versus Virtual Reality? Association for Computing Machinery, S. 1–10. <https://doi.org/10.1145/3641825.3687738>
- Witt, S. (2019). *Evaluation von multisensorischen Antizipationshilfen für Performance Animation in Virtual Reality*. [Masterarbeit, Uni Bremen]. Uni Bremen Repository. [https://www.szi.uni-bremen.de/wp-content/uploads/2020/02/Abschlussarbeit\\_Stefan\\_Witt\\_compressed.pdf](https://www.szi.uni-bremen.de/wp-content/uploads/2020/02/Abschlussarbeit_Stefan_Witt_compressed.pdf)
- Büche, A. (2016). Virtual Reality in der Filmbranche: Inwiefern verändern 360° Aufnahmen eine Filmproduktion? [Bachelorarbeit, Hochschule Mittweida]. Hochschule Mittweida Repository. [https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/7465/file/BA\\_Alexander\\_Bueche\\_2016.pdf](https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/7465/file/BA_Alexander_Bueche_2016.pdf)
- Heidicker, P., Langbehn, E. & Steinicke, F. (2017). Influence of Avatar Appearance on Presence in Social VR. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.15302.06720>
- Franck Multon, Sony Saint-Auret, Ronan Gaugne, Ludovic Hoyet, Richard Kulpa & Valérie Gouranton. (2025). How do people perceive changes in physical bounce model for virtual racket interactions? Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3736702.3744355>

## 8 Literaturverzeichnis

- Kosch, T., Katins, C., Chen, K., Lazik, C., Knierim, P. & Marky, K. (2025). Public Perceptions on Psychological and Social Impacts of Virtual and Augmented Reality. Association For Computing Machinery, S. 163–180. <https://doi.org/10.1145/3743049.3743079>
- Jang, H. & Lee, J. (2025). Birds of a Rhythm: The Effects of Haptic Pattern Similarity on People’s Social Perceptions in Virtual Reality. Association For Computing Machinery, 1–18. <https://doi.org/10.1145/3706598.3714264>
- Lim, S., Ho, D., Yu, J. & Wang, Y. (2024). Virtual Reality “Space Agent” as a Socially Interactive Design Partner: A study investigating users’ perception of and interaction with Socially Interactive Virtual Environment (SIVE) as a design partner. Association For Computing Machinery, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3687272.3688295>
- Robin Angelini. (2019). Entwicklungsmethodik einer Virtual Reality Lernumgebung für die Einschätzung von Patienten bei einem Massenanfall von Verletzten [Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg]. HAW Hamburg Repository. [https://reposit.haw-hamburg.de/bitstream/20.500.12738/14216/1/thesis-angelini\\_geschw%c3%a4rzt.pdf](https://reposit.haw-hamburg.de/bitstream/20.500.12738/14216/1/thesis-angelini_geschw%c3%a4rzt.pdf)
- Fernando César Kunzmann. (2019). *Virtuelle Realität und 360°-Anwendungen als Vermarktungsinstrument von Immobilienprojekten* [Bachelorarbeit, Hochschule Macromedia für angewandte Wissenschaften]. Macromedia Publication. [https://macromedia-publications.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/201/file/BA\\_2019\\_Fernando\\_Cezar\\_Kunzmann.pdf](https://macromedia-publications.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/201/file/BA_2019_Fernando_Cezar_Kunzmann.pdf)
- Felix Kreisig. (2024). *Einfluss einer VR-Brille auf die Fortbewegung des Menschen im freien Raum* [Bachelorarbeit, Hochschule Mittweida]. Hochschule Mittweida Repository.

## 8 Literaturverzeichnis

[https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/15549/file/Bachelorarbeit\\_FelixKreisig.pdf](https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/15549/file/Bachelorarbeit_FelixKreisig.pdf)

Langbehn, E., Bruder, G. & Steinicke, F. (2016a). Scale matters! Analysis of dominant scale estimation in the presence of conflicting cues in multi-scale collaborative virtual environments. *IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics*, S. 211–220.  
<https://doi.org/10.1109/3dui.2016.7460054>

Langbehn, E., Raupp, T., Bruder, G., Steinicke, F., Bolte, B. & Lappe, M. (2016b). Visual blur in immersive virtual environments. *Association For Computing Machinery*, S. 241–250.  
<https://doi.org/10.1145/2993369.2993379>

Wiłkość-Dębczyńska, M. & Liberacka-Dwojak, M. (2023). Time of day and chronotype in the assessment of cognitive functions. *Postępy Psychiatrii I Neurologii*, 32(3), 162–166.  
<https://doi.org/10.5114/ppn.2023.132032>

Kübel, S. L. & Wittmann, M. (2020). Zeitwahrnehmung. In *Sozialtheorie*, (S. 359–364).  
<https://doi.org/10.14361/9783839448625-059>

Brill, M. (2023). Virtual Reality kompakt. In *IT kompakt*.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-41245-6>

Moorstedt, M. (2017). Augmented Reality: Pokémon Go war erst der Anfang. Abgerufen 29. Dezember, 2025, von <https://www.sueddeutsche.de/digital/digital-das-ende-des-echten-1.3733071>

Bimberg, P., Weissker, T. & Kulik, A. (2020). On the Usage of the Simulator Sickness Questionnaire for Virtual Reality Research. *2020 IEEE Conference On Virtual Reality And 3D User Interfaces Abstracts And Workshops (VRW)*, 464–467.  
<https://doi.org/10.1109/vrw50115.2020.00098>

## 8 Literaturverzeichnis

- WorldOfVR. (2025, 5. August). *Virtual Reality (VR): Definition, Technik & Potenzial [Update 2021]*. World Of VR. Abgerufen am 20. Dezember 2025, von <https://worldofvr.de/virtual-reality-vr-definition-technik-potenzial-update-2021-2/>
- Schultze, T. (2023, 27. November). *Was ist eine VR-Brille – und wie funktioniert sie?* AMEXcited. Abgerufen am 20. Dezember 2025, von <https://www.americanexpress.com/de-de/amexcited/explore-all/technology/was-ist-eine-vr-brille-und-wie-funktioniert-sie-7244>
- Conrad Electronic SE. (2025, 5. November). *VR für Einsteiger einfach erklärt: VR-Brillen nutzen*. <https://www.conrad.de/de/ratgeber/virtual-reality/vr-fuer-einsteiger.html>
- Graner, N. (2025, 3. Dezember). VR-Brille vor der OP: Wie Kindern in einer Münchner Klinik Angst genommen wird. *Süddeutsche.de*. Abgerufen am 20. Dezember 2025, von <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/kindermedizin-lmu-klinikum-vr-brille-kinderkliniken-li.3344236>
- Hagen Tronje Grützmacher (2025, 21. Dezember) *Jugendliche erleben Obdachlosigkeit hautnah*. Abgerufen am 24. Dezember 2025, von <https://www.evangelisch.de/inhalte/250782/21-12-2025/virtual-reality-machts-moeglich-jugendliche-erleben-obdachlosigkeit-hautnah>
- Münch, E. (2025, 26. Juni). Wie Virtuelle Realität die medizinische Ausbildung verbessert. *BR24*. Abgerufen am 24. Dezember 2025, von <https://www.br.de/nachrichten/bayern/wie-virtuelle-realitaet-die-medizinische-ausbildung-verbessert,Up8uGSp>
- Bongartz, J. (2023). Vergleich der Umsetzung eines VR-Projektes zwischen Unity und der Unreal Engine 5. In S. Schlechtweg & J. Tümmeler, [Bachelorarbeit, Hochschule Anhalt]. [https://www.hs-anhalt.de/fileadmin/Dateien/FB6/personen/tuemler\\_j/Bachelor\\_Thesis\\_Jonas\\_Bongartz.pdf](https://www.hs-anhalt.de/fileadmin/Dateien/FB6/personen/tuemler_j/Bachelor_Thesis_Jonas_Bongartz.pdf)

## 8 Literaturverzeichnis

- AutoVRse. (o. D.). *What is virtual reality (VR) locomotion?* Abgerufen am 13.01.2026 von <https://www.autovrse.com/glossary/vr-locomotion>
- Zerocool. (2023, 11. Juli). Exploring the Different Kinds of Locomotion in VR: Finding the Best Fit for Your Space - XpertVR 2026. *XpertVR*. Abgerufen am 13. Januar 2026, von <https://xpertvr.ca/the-different-kinds-of-locomotion-in-vr/>
- Hanna, K. T. & Wigmore, I. (2025, 4. Juni). *What is VR locomotion (virtual reality locomotion)?* WhatIs. Abgerufen am 13. Januar 2026, von <https://www.techtarget.com/whatis/definition/VR-locomotion-virtual-reality-locomotion>
- Yau, C. (2024, 11. Mai). *VR-Fortbewegung: Wie sich Menschen in der virtuellen Realität bewegen*. Pimax Store. Abgerufen am 13. Januar 2026, von <https://pimax.com/de/blogs/blogs/vr-locomotion-how-people-move-in-vr>
- WorldOfVR. (2025b, August 5). *Virtual Reality (VR): Definition, Technik & Potenzial [Update 2021]*. World Of VR. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://worldofvr.de/virtual-reality-vr-definition-technik-potenzial-update-2021-2/>
- Was ist Virtual Reality? | Technikum Wien Academy*. (2025, 1. Juli). Technikum Wien Academy. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://academy.technikum-wien.at/ratgeber/was-ist-virtual-reality/>
- techbold. (2022, 4. Februar). *Was ist ein Virtual Reality (VR)? Einfach erklärt - techbold IT-Lexikon*. Techbold. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://www.techbold.at/lexikon-eintrag/virtual-reality-vr>
- Bendel, O. (2021, 13. Juli). *Virtuelle Realität*. Gabler Wirtschaftslexikon. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/virtuelle-realitaet-54243>
- Wiedefeldt, K. (2025, 12. März). Eine Zeitreise durch die Geschichte der Virtual Reality. *twinc GmbH*. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://www.twinc.academy/post/eine-zeitreise-durch-die-geschichte-der-virtual-reality>

## 8 Literaturverzeichnis

- Maier, F. & Ball, T. (2025, 10. Oktober). *Virtual Reality: Die Geschichte der virtuellen Realität*. Computerwoche. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://www.computerwoche.de/article/2803374/die-geschichte-der-virtuellen-realitaet.html>
- t3n – digital pioneers. (2025b, Februar 14). *t3n – digital pioneers*. T3n – Digital Pioneers. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://t3n.de/bildergalerie/VR%20Geschichte%20virtual%20reality>
- WorldOfVR. (2021, 5. September). *Mixed Reality (MR): Definition, Technik & Potenzial* - WorldOfVR. World Of VR. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://worldofvr.de/mixed-reality/>
- Lolambean. (2023, 21. März). *Was ist Mixed Reality? - Mixed Reality*. Microsoft Learn. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://learn.microsoft.com/de-de/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality>
- Meta Platforms, Inc. (2025, 29. Mai). *Einführung in Mixed Reality auf Meta Quest*. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von [https://developers.meta.com/horizon/documentation/unity/mr-experience-and-use-cases/?locale=de\\_DE](https://developers.meta.com/horizon/documentation/unity/mr-experience-and-use-cases/?locale=de_DE)
- Adobe.com. (o. D.). *Was ist mixed Reality?* Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://www.adobe.com/de/products/substance3d/discover/mixed-reality.html>
- Technikum Wien Academy. (2025, 13. März). *Wie funktioniert Augmented Reality?* Abgerufen am 23. Dezember 2025, von <https://academy.technikum-wien.at/ratgeber/was-ist-augmented-reality/>
- WorldOfVR. (2025a, Mai 8). *Augmented Reality (AR): Definition, Technik & Potenzial* - WorldOfVR. World Of VR. Abgerufen am 23. Dezember 2025, von <https://worldofvr.de/augmented-reality/>

## 8 Literaturverzeichnis

SAP SE. (o. D.). Erweiterte Realität: Die Zukunft der Fertigung. Abgerufen am 23. Dezember 2025, von

<https://www.sap.com/germany/products/scm/industry-4-0/what-is-augmented-reality.html>

Luvvoice. (o. D.). Free convert text to speech online, no word limit. Abgerufen am 5. Januar 2026, von <https://luvvoice.com/>

*School assets | 3D Environments | Unity Asset Store.* (2022, 17. Dezember). Unity Asset Store. Abgerufen am 5. Dezember 2025, von <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/school-assets-146253#description>

*Yughues Free Manmade Materials | 2D Textures & Materials | Unity Asset Store.* (2016, 11. Mai). Unity Asset Store. Abgerufen am 5. Dezember 2025, von <https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/yughues-free-manmade-materials-13005>

*Stylized Wood Textures | 2D Wood | Unity Asset Store.* (2024, 1. November). Unity Asset Store. Abgerufen am 5. Dezember 2025, von <https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/wood/stylized-wood-textures-213607>

*Stylized Textures Vol.1 | 2D Floors | Unity Asset Store.* (2021, 16. August). Unity Asset Store. Abgerufen am 5. Dezember 2025, von <https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/floors/stylized-textures-vol-1-199097>

*Low Poly Simple Medieval Props | 3D Props | Unity Asset Store.* (2025, 7. Juni). Unity Asset Store. Abgerufen am 5. Dezember 2025, von <https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/low-poly-simple-medieval-props-258397>

*Christmas Pack FREE - Low Poly 3D Models Pack | 3D Fantasy | Unity Asset Store.* (2026, 15. Januar). Unity Asset Store. Abgerufen am 17. Dezember 2025, von

## 8 Literaturverzeichnis

- <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/fantasy/christmas-pack-free-low-poly-3d-models-pack-348354>
- Voice Changer - online & free.* (o. D.). Abgerufen am 14. Dezember 2025, von <https://voicechanger.io/>
- Free Fence Pack | 3D Environments | Unity Asset Store.* (2025, 14. Mai). Unity Asset Store. Abgerufen am 17. Dezember 2025, von <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/free-fence-pack-319685>
- Was ist Stereoskopie: Stereoskopie Definition | Unity.* (o. D.). Unity. Abgerufen am 12. Dezember 2025, von <https://unity.com/de/glossary/stereoscopy>
- TOPTORIALS OFFICE. (2016, 17. September). *Fußnoten hinzufügen ganz einfach (Google Docs / Dokumente)* [Video]. YouTube. Abgerufen am 25. Dezember 2025, von [https://www.youtube.com/watch?v=N6MagZ-\\_Brs](https://www.youtube.com/watch?v=N6MagZ-_Brs)
- WorldOfVR. (2025, 5. August). *Virtual Reality (VR): Definition, Technik & Potenzial [Update 2021]*. World Of VR. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://worldofvr.de/virtual-reality-vr-definition-technik-potenzial-update-2021-2/>
- Technikum Wien Academy.* (2025, 1. Juli). *Was ist Virtual Reality?* Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://academy.technikum-wien.at/ratgeber/was-ist-virtual-reality/>
- techbold. (2022, 4. Februar). *Was ist ein Virtual Reality (VR)? Einfach erklärt - techbold IT-Lexikon.* Techbold. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://www.techbold.at/lexikon-eintrag/virtual-reality-vr>
- Bendel, O. (2021, 13. Juli). *Virtuelle Realität.* Gabler Wirtschaftslexikon. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/virtuelle-realitaet-54243>
- Wiedefeldt, K. (2025, 12. März). *Eine Zeitreise durch die Geschichte der Virtual Reality.* *twinc GmbH.* Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://www.twinc.academy/post/eine-zeitreise-durch-die-geschichte-der-virtual-reality>
- Maier, F. & Ball, T. (2025, 10. Oktober). *Virtual Reality: Die Geschichte der virtuellen Realität.* Computerwoche. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von

## 8 Literaturverzeichnis

- <https://www.computerwoche.de/article/2803374/die-geschichte-der-virtuellen-realitaet.html>
- t3n – digital pioneers. (2025, 14. Februar). *t3n – digital pioneers*. T3n – Digital Pioneers. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://t3n.de/bildergalerie/VR%20Geschichte%20virtual%20reality>
- WorldOfVR. (2021, 5. September). *Mixed Reality (MR): Definition, Technik & Potenzial - WorldOfVR*. World Of VR. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://worldofvr.de/mixed-reality/>
- Lolambean. (o. D.). *Was ist Mixed Reality? - Mixed Reality*. Microsoft Learn. Stand: 21.03.2023. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://learn.microsoft.com/de-de/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality>
- Meta. (o. D.). *Einführung in Mixed Reality auf Meta Quest*. Stand: 29.05.2025. Abgerufen am 22. Dezember 2025, von [https://developers.meta.com/horizon/documentation/unity/mr-experience-and-use-cases/?locale=de\\_DE](https://developers.meta.com/horizon/documentation/unity/mr-experience-and-use-cases/?locale=de_DE)
- Adobe. (o. D.). *Was ist Mixed Reality?* Abgerufen am 22. Dezember 2025, von <https://www.adobe.com/de/products/substance3d/discover/mixed-reality.html>
- Technikum Wien Academy. (2025, 13. März). *Wie funktioniert Augmented Reality?* Abgerufen am 23. Dezember 2025, von <https://academy.technikum-wien.at/ratgeber/was-ist-augmented-reality/>
- WorldOfVR. (2025a, Mai 8). *Augmented Reality (AR): Definition, Technik & Potenzial - WorldOfVR*. World Of VR. Abgerufen am 23. Dezember 2025, von <https://worldofvr.de/augmented-reality/>
- SAP. (o. D.). *Erweiterte Realität: die Zukunft der Fertigung*. Abgerufen am 23. Dezember 2025, von <https://www.sap.com/germany/products/scm/industry-4-0/what-is-augmented-reality.html>

## 8 Literaturverzeichnis

- Herbst, U., Voeth, M., Eidhoff, A. T., Müller, M. & AOK-Bundesverband. (2016). Studierendenstress in Deutschland – eine empirische Untersuchung. In *Studierendenstress in Deutschland – Eine Empirische Untersuchung* [Report]. Abgerufen am 28. Dezember 2025, von [https://www.uni-heidelberg.de/md/journal/2016/10/08\\_projektbericht\\_stressstudie.pdf](https://www.uni-heidelberg.de/md/journal/2016/10/08_projektbericht_stressstudie.pdf)
- Schreyer, N. (2018, 20. Juli). *Warum die Zeit manchmal schleicht und manchmal rast*. TUCaktuell | TU Chemnitz. Abgerufen am 27. Dezember 2025, von <https://www.tu-chemnitz.de/tu/pressestelle/aktuell/8926>
- Redaktion wissen.de. (2018, 3. August). Zeitempfinden: Warum die Zeit nicht immer gleich schnell vergeht. Abgerufen am 27. Dezember 2025, von <https://www.wissen.de/zeitempfinden-warum-die-zeit-nicht-immer-gleich-schnell-vergeht>
- Mai, J. (2025, 15. Januar). *Zielstrebigkeit: 12 Tipps wie Sie IHRE Ziele erreichen!* karrierebibel.de. Abgerufen am 28. Dezember 2025, von <https://karrierebibel.de/zielstrebigkeit-ziele-erreichen/#:~:text=Unterst%C3%BCtzer%20finden,Sie%20auf%20Ihrem%20Weg%20mittragen>
- Jotform Editorial Team. (2024, 2. September). *Die Vor- und Nachteile von Google Formulare*. Jotform. Abgerufen am 1. Januar 2026, von <https://www.jotform.com/de/blog/google-forms-vor-und-nachteile/>
- Staff, C. (2025, 31. Juli). *Was ist Unity?* Coursera. Abgerufen am 1. Januar 2026, von <https://www.coursera.org/de-DE/articles/what-is-unity>
- Dadson, C. (2025, 20. Juni). *Was ist Motion Sickness?* Design4Real. Abgerufen am 1. Januar 2026, von <https://design4real.de/was-ist-motion-sickness/>
- Borkowicz, P. (2025, 25. Juni). *Likert-Skala in Umfragen: Definition, Beispiele und Anwendung*. Customizable Surveys Solution With Integrated Dashboards. Abgerufen am 3. Januar 2026, von <https://survalyzer.com/de/likert-skalen-umfrage/>

## 8 Literaturverzeichnis

- Likert-Skala: Vorteile, Beispiele, Auswertung (einfach erklärt). (2024, 25. Juni). Abgerufen am 3. Januar 2026, von <https://www.rogator.de/wissenswertes/weiteres-fachwissen/likert-skala/#:~:text=Was%20ist%20eine%20Likert%2DSkala.Feedback%20zu%20Lehrveranstaltungen%20oder%20Lerninhalten>
- Collaborators, Q. (2024, 12. August). *5-Punkte vs. 7-Punkte Likert-Skala: Das Besten auswählen*. QuestionPro. Abgerufen am 3. Januar 2026, von <https://www.questionpro.com/blog/de/5-punkte-vs-7-punkte-likert-skala-das-beste-auswahlen/>
- Borkowicz, P. (2025b, Juni 25). *Likert-Skala in Umfragen: Definition, Beispiele und Anwendung*. Customizable Surveys Solution With Integrated Dashboards. Abgerufen am 3. Januar 2026, von <https://survalyzer.com/de/likert-skalen-umfrage/>
- Glossary AutoVRse. (o. D.). What is Virtual Reality (VR) Locomotion?. Abgerufen am 13. Januar 2026, von <https://www.autovrse.com/glossary/vr-locomotion>
- Pedersen, M. (2025, 23. Juni). Wie Schall das Gehirn beeinflusst - iMotions. *iMotions*. Abgerufen am 28. Dezember 2025, von <https://imotions.com/de/blog/wie-schall-das-gehirn-beeinflusst/>
- Behne, K. (2020, 20. August). *Zu einer Theorie der Wirkungslosigkeit von (Hintergrund-)Musik*. PsychArchives. Abgerufen am 29. Dezember 2025, von <https://psycharchives.org/en/item/1aa5b8b0-b77d-4d73-ae1-751e90c646e3>
- CBS University of Applied Sciences. (2015, 1. Juli). Wach bleiben statt Vorlesung verschlafen. *CBS University of Applied Sciences*. Abgerufen am 29. Dezember 2025, von <https://www.cbs.de/blog/wach-bleiben-statt-vorlesung-verschlafen#:~:text=F%C3%BC%C3%9Fe%20kreisen%20unterm%20Tisch,dir%20Fl%C3%BCgel%20verleiht:%20der%20Energiedrink>

## 8 Literaturverzeichnis

Helios Gesundheit. (o. D.). *Post-Holiday-Syndrom: Tipps gegen den Arbeitsfrust nach dem Urlaub*. Abgerufen am 29. Dezember 2025, von <https://www.helios-gesundheit.de/magazin/news/03/post-holiday-syndrom>

Bimberg, P., Weissker, T. & Kulik, A. (o. D.). *On the usage of the Simulator sickness questionnaire for virtual reality research*. tim-weissker.de. Abgerufen am 26. Januar 2026, von <https://doi.org/10.1037/t04669-000>

Valem Tutorials. (2025, 15. September). *How to Make a VR Game in Unity 6.2 - Part 1 : Setup and Player* [Video]. YouTube. Abgerufen am 4. Dezember 2025, von <https://www.youtube.com/watch?v=exc-73Mna3A>

Valem Tutorials. (2025b, September 22). *How to Make a VR Game in Unity 6.2 - Part 2 : Input and Hand Presence* [Video]. YouTube. Abgerufen am 5. Dezember 2025, von [https://www.youtube.com/watch?v=9l2pEJJ3\\_qE](https://www.youtube.com/watch?v=9l2pEJJ3_qE)

Valem Tutorials. (2025c, September 29). *How to Make a VR Game in Unity 6.2 - Part 3 : Continuous Movement and Teleportation* [Video]. YouTube. Abgerufen am 7. Dezember 2025, von [https://www.youtube.com/watch?v=Au8w\\_6qZxT8](https://www.youtube.com/watch?v=Au8w_6qZxT8)

Valem Tutorials. (2025d, Oktober 28). *How to Make a VR Game in Unity 6.2 - Part 4 : Grab Interaction* [Video]. YouTube. Abgerufen am 7. Dezember 2025, von <https://www.youtube.com/watch?v=Eruq-OjfxGQ>

### 8.1 Quellenverzeichnis der Abbildungen

t3n – digital pioneers. (2025, 14. Februar). *t3n – digital pioneers*. T3n – Digital Pioneers. Abgerufen am 23. Dezember 2025, von <https://t3n.de/bildergalerie/VR%20Geschichte%20virtual%20reality>

## 8 Literaturverzeichnis

Christopher Zimmermann. (2019, 20. Mai). *Die Geschichte der VR - in VR*. magnolia-cms.com. Abgerufen am 23. Dezember 2025, von [https://www.magnolia-cms.com/de\\_DE/blog/history-of-vr-in-vr.html#chapter-18](https://www.magnolia-cms.com/de_DE/blog/history-of-vr-in-vr.html#chapter-18)

Piumsomboon, T., Billinghamurst, M., Ens, B., Day, A., Lee, Y. & Lee, G. A. (2017). *Exploring enhancements for remote mixed reality collaboration* [University of south Australia und Mokpo National University]. <https://doi.org/10.1145/3132787.3139200>

Heinrich, J. (2016, 14. Juli). „Pokémon Go“ - was ist das? Wo lauern die Gefahren? Abgerufen am 2. Januar 2026, von <https://www.merkur.de/multimedia/pokemon-go-diese-gefahren-lauern-hinter-neuen-app-zum-suchtsgame-zr-6568703.html>

Refurbiestore. (2025, 20. November). *Meta Quest 2 VR Brille kaufen | Refurbie*. Refurbie. Abgerufen am 30. Dezember 2025, von <https://refurbiestore.de/shop/vr-brillen/meta-quest-2/>

## Anhang

### Die Fragebögen

#### Durchgang 1:

#### Vorfrage 1

Spieler ID:\_\_\_

Uhrzeit:\_\_\_

#### Pflichtangaben

1. Alter (in Jahren): \_\_\_\_
2. Geschlecht:  
☐ weiblich ☐ männlich ☐ divers ☐ keine Angabe
3. Aktueller Status:  
☐ Student/in ☐ Berufstätig ☐ Schüler/Schülerin ☐ Sonstiges
4. Regulärer Leistungszeitpunkt:  
☐ morgens ☐ nachmittags ☐ abends ☐ unterschiedlich
5. VR-Vorerfahrung:  
☐ ja ☐ nein
6. Falls ja: Ausmaß der VR-Erfahrung (1–5): \_\_\_\_

#### Aktueller Zustand und Tagesform

1. Ich fühle mich im Moment gestresst.  
☐ trifft gar nicht zu  
☐ eher nicht  
☐ teils/teils  
☐ eher zu  
☐ trifft völlig zu

## Anhang

2. Ich habe aktuell das Gefühl, mich beeilen zu müssen oder unter Zeitdruck zu stehen.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
  
3. Ich fühle mich im Moment müde.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
  
4. Ich fühle mich im Moment wach und aufmerksam.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
  
5. Ich fühle mich mental bereit, mich auf eine Aufgabe zu konzentrieren.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
  
6. Meine Gedanken sind gerade bei vielen anderen Dingen.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
  
7. Ich habe gerade Lust, mich auf diese Aufgabe einzulassen.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu

## Nachfrage 1

Spieler ID:\_\_\_

### Subjektive Einschätzung der Aufgabendauer

1. Wie lange hat sich die Aufgabe für Sie angefühlt?  
  
\_\_\_\_\_
2. Im Vergleich zu meiner Erwartung erschien mir die Aufgabe
  - ☐ deutlich kürzer
  - ☐ eher kürzer
  - ☐ etwa wie erwartet
  - ☐ eher länger
  - ☐ deutlich länger
3. Während der Aufgabe hatte ich das Gefühl, unter Zeitdruck zu stehen.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
4. Während der Aufgabe ließ meine Aufmerksamkeit zeitweise nach.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
5. Ich ging in der Aufgabe auf und verlor dabei das Zeitgefühl.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu

## IPQ

Bitte geben Sie an, inwieweit die folgenden Aussagen auf Ihr Erleben in der virtuellen Umgebung zutreffen.

- 1) In der computererzeugten Welt hatte ich den Eindruck, dort gewesen zu sein.

## Anhang

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

2) Ich hatte das Gefühl, dass die virtuelle Umgebung hinter mir weitergeht.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

3) Ich hatte das Gefühl, nur Bilder zu sehen.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

4) Ich hatte nicht das Gefühl, im virtuellen Raum zu sein.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

5) Ich hatte das Gefühl, im virtuellen Raum zu handeln statt etwas von außen zu bedienen.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

6) Ich fühlte mich im virtuellen Raum anwesend.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

## Anhang

- 7) Wie bewusst war Ihnen die reale Welt, während Sie sich durch die virtuelle Welt bewegten (z.B. Geräusche, Raumtemperatur, andere Personen etc.)?
- ☐ völlig unbewusst
  - ☐ eher unbewusst
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher bewusst
  - ☐ sehr bewusst
- 8) Meine reale Umgebung war mir nicht mehr bewusst.
- ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
- 9) Ich achtete noch auf die reale Umgebung.
- ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
- 10) Meine Aufmerksamkeit war von der virtuellen Welt völlig in Bann gezogen.
- ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
- 11) Wie real erschien Ihnen die virtuelle Umgebung?
- ☐ gar nicht real
  - ☐ eher nicht real
  - ☐ weder real noch unreal
  - ☐ eher real
  - ☐ vollkommen real
- 12) Wie sehr glich Ihr Erleben der virtuellen Umgebung dem Erleben einer realen Umgebung?
- ☐ überhaupt nicht
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher ja

## Anhang

☐ vollständig

13) Wie real erschien Ihnen die virtuelle Welt?

wie eine vorgestellte Welt ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ nicht zu unterscheiden von der realen Welt

14) Die virtuelle Welt erschien mir wirklicher als die reale Welt.

☐ trifft gar nicht zu

☐ eher nicht

☐ teils/teils

☐ eher zu

☐ trifft völlig zu

SSQ:

Bitte geben Sie an, inwieweit Sie die folgenden Beschwerden nach der VR-Nutzung verspürt haben.

Antwortformat (bei jedem Item):

☐ 0 = gar nicht

☐ 1 = leicht

☐ 2 = mittel

☐ 3 = stark

Bitte kreuzen Sie jeweils eine Antwort an:

1. Übelkeit

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

2. Schwitzen

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

3. Kopfschmerzen

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

4. Augenbrennen / Augenbelastung

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

5. Schwindel (mit Drehgefühl)

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

## Anhang

6. Schwindel (ohne Drehgefühl)

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

7. Verschwommenes Sehen

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

8. Müdigkeit

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

9. Schläfrigkeit

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

10. Schweregefühl im Kopf

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

11. Unwohlsein im Magen

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

12. Konzentrationsschwierigkeiten

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

13. Schwere Beine

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

14. Ohnmachtsgefühl

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

15. Kaltschweißigkeit

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

16. Allgemeines Unwohlsein

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

## Durchgang 2

### Vorfrage 2

Aktueller Zustand und Tagesform

Spieler ID: \_\_

1. Ich fühle mich im Moment gestresst.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
2. Ich habe aktuell das Gefühl, mich beeilen zu müssen oder unter Zeitdruck zu stehen.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
3. Ich fühle mich im Moment müde.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
4. Ich fühle mich im Moment wach und aufmerksam.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu
5. Ich fühle mich mental bereit, mich auf eine Aufgabe zu konzentrieren.
  - ☐ trifft gar nicht zu
  - ☐ eher nicht
  - ☐ teils/teils
  - ☐ eher zu
  - ☐ trifft völlig zu

## Anhang

6. Meine Gedanken sind gerade bei vielen anderen Dingen.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

7. Ich habe gerade Lust, mich auf diese Aufgabe einzulassen.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

## Nachfrage 2

Spieler ID: \_\_

Subjektive Einschätzung der Aufgabendauer

1. Wie lange hat sich die Aufgabe für Sie angefühlt?

—

2. Im Vergleich zu meiner Erwartung erschien mir die Aufgabe

- ☐ deutlich kürzer
- ☐ eher kürzer
- ☐ etwa wie erwartet
- ☐ eher länger
- ☐ deutlich länger

3. Während der Aufgabe hatte ich das Gefühl, unter Zeitdruck zu stehen.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

4. Während der Aufgabe ließ meine Aufmerksamkeit zeitweise nach.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht

## Anhang

- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

5. Ich ging in der Aufgabe auf und verlor dabei das Zeitgefühl.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

6. Das zweite Spiel fühlte sich kürzer an als das erste.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

## IPQ

Bitte geben Sie an, inwieweit die folgenden Aussagen auf Ihr Erleben in der virtuellen Umgebung zutreffen.

1) In der computererzeugten Welt hatte ich den Eindruck, dort gewesen zu sein.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

2) Ich hatte das Gefühl, dass die virtuelle Umgebung hinter mir weitergeht.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

3) Ich hatte das Gefühl, nur Bilder zu sehen.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht

## Anhang

- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

4) Ich hatte nicht das Gefühl, im virtuellen Raum zu sein.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

5) Ich hatte das Gefühl, im virtuellen Raum zu handeln statt etwas von außen zu bedienen.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

6) Ich fühlte mich im virtuellen Raum anwesend.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

7) Wie bewusst war Ihnen die reale Welt, während Sie sich durch die virtuelle Welt bewegten (z.B. Geräusche, Raumtemperatur, andere Personen etc.)?

- ☐ völlig unbewusst
- ☐ eher unbewusst
- ☐ teils/teils
- ☐ eher bewusst
- ☐ sehr bewusst

8) Meine reale Umgebung war mir nicht mehr bewusst.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

9) Ich achtete noch auf die reale Umgebung.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht

## Anhang

- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

10) Meine Aufmerksamkeit war von der virtuellen Welt völlig in Bann gezogen.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

11) Wie real erschien Ihnen die virtuelle Umgebung?

- ☐ gar nicht real
- ☐ eher nicht real
- ☐ weder real noch unreal
- ☐ eher real
- ☐ vollkommen real

12) Wie sehr glich Ihr Erleben der virtuellen Umgebung dem Erleben einer realen Umgebung?

- ☐ überhaupt nicht
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher ja
- ☐ vollständig

13) Wie real erschien Ihnen die virtuelle Welt?

wie eine vorgestellte Welt   ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ nicht zu unterscheiden von der realen Welt

14) Die virtuelle Welt erschien mir wirklicher als die reale Welt.

- ☐ trifft gar nicht zu
- ☐ eher nicht
- ☐ teils/teils
- ☐ eher zu
- ☐ trifft völlig zu

SSQ:

Bitte geben Sie an, inwieweit Sie die folgenden Beschwerden nach der VR-Nutzung verspürt haben.

## Anhang

Antwortformat (bei jedem Item):

☐ 0 = gar nicht

☐ 1 = leicht

☐ 2 = mittel

☐ 3 = stark

Bitte kreuzen Sie jeweils eine Antwort an:

1. Übelkeit

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

2. Schwitzen

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

3. Kopfschmerzen

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

4. Augenbrennen / Augenbelastung

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

5. Schwindel (mit Drehgefühl)

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

6. Schwindel (ohne Drehgefühl)

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

7. Verschwommenes Sehen

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

8. Müdigkeit

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

9. Schläfrigkeit

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

10. Schweregefühl im Kopf

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

11. Unwohlsein im Magen

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

12. Konzentrationsschwierigkeiten

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

## Anhang

13. Schwere Beine

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

14. Ohnmachtsgefühl

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

15. Kaltschweißigkeit

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

16. Allgemeines Unwohlsein

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

Vorfragen nummeriert für die Auswertung

| Nummer | Fragen                                                                              |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Ich fühle mich im Moment gestresst                                                  |
| 2      | Ich habe aktuell das Gefühl, mich beeilen zu müssen oder unter Zeitdruck zu stehen. |
| 3      | Ich fühle mich im Moment müde.                                                      |
| 4      | Ich fühle mich im Moment wach und aufmerksam.                                       |
| 5      | Ich fühle mich mental bereit, mich auf eine Aufgabe zu konzentrieren.               |
| 6      | Meine Gedanken sind gerade bei vielen anderen Dingen.                               |
| 7      | Ich habe gerade Lust, mich auf diese Aufgabe einzulassen.                           |

IPQ Antwortoption nummerieren

| Antwort             | Wert |
|---------------------|------|
| trifft gar nicht zu | 1    |
| eher nicht          | 2    |
| teils/teils         | 3    |
| eher zu             | 4    |
| trifft völlig zu    | 5    |

## Anhang

Invertiert:

| Original | Wert |
|----------|------|
| 1        | 5    |
| 2        | 4    |
| 3        | 3    |
| 4        | 2    |
| 5        | 1    |

Mittlere Abweichung zwischen geschätzter und tatsächlicher Aufgabendauer (in Sekunden) für Durchgang 1 und Durchgang 2:

Durchschnittliche Abweichung der Durchgang 1:

$$+58 + 148 + (-6) + 138 + 13 + 6 + 66 + 46 + 65 + 186 + (-16) + (-2) + 104 + 25 + (-12) + 34 + 32 = 885$$

$$885 : 18 = 49,16$$

Durchschnittliche Abweichung der Durchgang 2:

$$+82 + 40 + (-23) + 224 + 53 + 11 + 34 + 93 + 99 + 0 + 37 + 74 + 62 + 18 + 0 + 3 + 20 + 23 = 850$$

$$850 : 18 = 47,22$$

## Anhang

Auswertung der individuellen IPQ-Werte (Nachfrage 1 und Nachfrage 2) für Durchgang 1 und Durchgang 2

D1 = Durchgang 1

D2 = Durchgang 2

Teil 1: Räumliche Präsenz

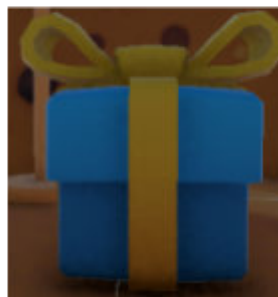
Teil 2: Involvement

Teil 3: Erlebter Realismus

| ID | D1 Teil 1 | D1 Teil 2 | D1 Teil 3 | D2 Teil 1 | D2 Teil 2 | D2 Teil 3 |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| S1 | 22        | 10        | 8         | 12        | 7         | 6         |
| S2 | 26        | 19        | 10        | 26        | 19        | 10        |
| S3 | 28        | 16        | 8         | 22        | 16        | 8         |
| S4 | 26        | 17        | 13        | 26        | 18        | 17        |
| S5 | 18        | 13        | 14        | 17        | 15        | 15        |
| S6 | 24        | 11        | 7         | 23        | 16        | 7         |
| S7 | 25        | 13        | 13        | 23        | 11        | 9         |
| S8 | 17        | 10        | 8         | 17        | 10        | 9         |
| S9 | 26        | 11        | 12        | 29        | 11        | 10        |
| W1 | 26        | 11        | 4         | 25        | 16        | 5         |
| W2 | 22        | 16        | 17        | 18        | 13        | 15        |
| W3 | 19        | 14        | 7         | 18        | 13        | 8         |
| W4 | 24        | 14        | 4         | 22        | 9         | 7         |
| W5 | 22        | 13        | 8         | 21        | 12        | 12        |
| W6 | 21        | 9         | 8         | 23        | 14        | 13        |
| W7 | 26        | 15        | 8         | 17        | 16        | 16        |
| W8 | 19        | 12        | 7         | 19        | 12        | 7         |
| W9 | 20        | 9         | 8         | 18        | 9         | 7         |

## Anhang

### Instruktionsblatt für das Weihnachtsspiel



## Anhang

Mündliche Ergänzung zur Spielleitung (Weihnachtsspiel):

Es ist Heiligabend und die Familie wird in Kürze nach Hause kommen. Du befindest dich vor dem Haus.

Deine Aufgabe besteht darin, das Haus zu betreten und die verteilten Geschenke an die vorgesehenen Abgabeorte zu bringen.

Die vier Geschenke sind im Haus verteilt. Die vorgesehenen Abgabeorte (zwei Tische) befinden sich neben dem Weihnachtsbaum. Jedes Geschenk soll an einen der dafür vorgesehenen Tische gestellt werden.

Instruktionsblatt für das Schulspiel



Mündliche Ergänzung zur Spielleitung (Schulspiel) : Es ist früher Morgen. Der Lehrer plant an diesem Tag mündlich Fragen zu stellen. Die Fragen, die er stellen möchte, stehen in einem roten Buch.

Du befindest dich als Schüler bereits auf dem Schulgelände. Deine Aufgabe besteht darin, das rote Buch zu finden, bevor die Lehrer das Schulgelände betreten. Dann solltest du das rote Buch in die Bibliothek bringen und dort in einen Mülleimer werfen.

Zusätzlich hat der Lehrer seinen Laptop in der Bibliothek vergessen. Auch dieser muss gefunden und in denselben Mülleimer geworfen werden.

## Anhang

Fragebögen zum Scannen:

|           | Durchgang 1                                                                        | Durchgang 2                                                                          |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Vorfrage  |   |   |
| Nachfrage |  |  |

## **Eändigkeitserklärungenstg**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel

“Zeitgefühl in der VR: Einfluss der Tageszeit auf subjektive Zeiteinschätzung”

selbstständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe. Alle Passagen, die ich wörtlich aus der Literatur oder aus anderen Quellen wie z. B. Internetseiten übernommen habe, habe ich deutlich als Zitat mit Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, 23. Februar 2026